

**IDENTIFICACIÓN DE PÉRDIDAS EN SISTEMAS DE ENERGÍA  
MEDIANTE APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE ANÁLISIS Y  
VISUALIZACIÓN DE INFORMACIÓN**

**Autor Jhon Alexander Porras**

**200920023150**

**Directores**

**Msc. Beatriz Susana Acosta**

**Msc. Fáber D. Giraldo, PhD (C)**

**UNIVERSIDAD EAFIT**

**ESCUELA DE INGENIERÍA**

**DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA Y SISTEMAS**

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA**

**JULIO 2014**

## **Agradecimientos**

Me gustaría que estas líneas sirvieran para expresar mi más profundo y sincero agradecimiento a todas aquellas personas que con su ayuda han colaborado en la realización del presente trabajo, en especial a Dios por permitirme alcanzar una nueva meta, por ayudarme a cada instante y guiar mi camino, de igual manera a mi esposa Beatriz E. Lopez y mis padres quienes con su apoyo y sabiduría han me hecho un mejor ser humano, también quiero exaltar la Ingeniera Msc. Beatriz Susana Acosta, directora de esta investigación, por la orientación, el seguimiento y la supervisión continúa de la misma, pero sobre todo por la motivación y el apoyo recibido a lo largo de estos años.

Un especial reconocimiento merece el interés mostrado por mi trabajo y las sugerencias recibidas del profesor y amigo Msc. Faber Danilo Giraldo, con el que me encuentro en deuda por el ánimo infundido y la confianza en mí depositada. También me gustaría Agradecer la ayuda recibida del ingeniero Heider Orlando Rivera.

Quisiera hacer extensiva mi gratitud a mis compañeros y colegas del área de Tecnología e informática de la empresa que laboro.

También quiero reconocer los esfuerzos de la Empresa de Energía del Quindío y Colciencias por su invaluable colaboración en recursos económicos y el suministro de los datos necesarios para la realización de esta investigación.

Un agradecimiento muy especial merece la comprensión, paciencia y el ánimo recibidos de mi familia y amigos.

A todos ellos, muchas gracias.

☒ Copyright © 2014 por Empresa de Energía del Quindío

Esta obra está sujeta al derecho de autor. Todos los derechos están reservados son de la Empresa de Energía del Quindío, ya sea la totalidad o parte del material, reimpresión, la reutilización de las ilustraciones, la recitación, la radiodifusión, reproducción en microfilms o en cualquier otra forma física, y el almacenamiento y recuperación de información de transmisión o, adaptación electrónica, software, o por la metodología similar o no conocido ahora o en el futuro desarrollado.

Están exentas de esta reserva legal los extractos en relación con los exámenes o análisis académico, el permiso para su uso siempre debe obtenerse a través la Empresa de Energía del Quindío a en la oficina de Tecnología e Informática, las violaciones son susceptibles de enjuiciamiento en virtud de la respectiva Ley de Propiedad Intelectual.

## RESUMEN

Este informe presenta una propuesta de solución software para soportar el proceso de detección de pérdidas no técnicas de energía eléctrica para la Empresa de Energía del Quindío (EDEQ). En el desarrollo de dicho prototipo se emplearon técnicas de integración de datos y buenas prácticas de ingeniería de software, con el propósito de implementar una solución orientada a mejorar las actividades de análisis y visualización de pérdidas no técnicas de energía, acorde con las especificaciones y expectativas identificadas con los roles que intervienen en dicho proceso.

La implementación de este prototipo se logró realizando la aplicación de una metodología que se basa en cinco actividades técnicas asociadas con la ingeniería de software. Actividades desarrolladas con la construcción de los modelos desde el entendimiento del problema hasta la implementación de un prototipo<sup>1</sup>, el desarrollo de estas actividades incluyen:

- Contextualización
- Análisis
- Diseño del sistema
- Implementación
- Resultados

Al diseñar e implementar este piloto funcional se logró la integración de datos desde distintos sistemas de información corporativo, relacionando con un entorno geográfico, en el terreno físico-social, las variables integrantes: en *donde* se producen las pérdidas de energía; para luego producir gráficas que sintetizan la información y permiten evidenciar el comportamiento en el tiempo para distintos elementos de la red eléctrica que intervienen en el proceso de distribución y comercialización de energía como son: los registros de macromedidores, datos del consumo registrado del cliente y las zonas de interés geográficas. Así se logra tener en una sola vista el comportamiento de estos elementos que apoyan al proceso de identificación de pérdidas no técnicas.

Al evaluar el impacto del software en la eficiencia del proceso para la identificación de pérdidas no técnicas de energía se identifica que se reducen los tiempos de análisis e identificación de focos de pérdidas de energía, se consolidan los datos en una sola vista y se integra la georreferenciación de las diversas variables que intervienen en un ambiente de Sistemas de Información Geográfica que facilita diseñar planes y acciones grupales que con un esfuerzo menor impactan un foco más extenso y por ende una mayor efectividad del proceso haciendo que el sistema se convierta en una herramienta totalmente integrada y funcional al proceso de identificación de pérdidas no técnicas de energía.

---

<sup>1</sup> “Object-Oriented Software Engineering” – Bruegge & Dutoit, 2010, Tercera Edición

- **Palabras claves**

Detección de pérdidas no técnicas de energía eléctrica

Análisis y visualización de información

Prototipo software

Sistemas de información geográfica

Diseño centrado en el usuario

Distribución de energía eléctrica

Macro medidores

Aplicación de sistemas de información geográficas

Tecnología informática y geográfica.

## **TABLA DE CONTENIDO**

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1	ASPECTOS TÉCNICOS Y SITUACIÓN INICIAL	1
1.2	OBJETIVOS	3
1.3	METODOLOGÍA PARA IDENTIFICACIÓN DE PÉRDIDAS NO TÉCNICAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA	4
<b>II.</b>	<b>CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROYECTO</b>	<b>5</b>
2.1	PROCESO ACTUAL DE IDENTIFICACIÓN DE PÉRDIDAS NO TÉCNICAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA.	5
2.2	SOLUCIÓN PROPUESTA PARA EL PROCESO DE IDENTIFICACIÓN DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA.	6
<b>III.</b>	<b>DESARROLLO DEL MODELO PROPUESTO</b>	<b>7</b>
3.1	FASE DE ANÁLISIS	7
3.1.1	ELICITACIÓN DE REQUISITOS	7
3.1.2	VISTA DE CASOS DE USO	8
3.1.3	REQUISITOS DE CALIDAD	9
3.2	FASE DE DISEÑO	10
3.2.1	NAVEGACIÓN TEMÁTICA	10
3.2.2	JERARQUIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN	10
3.2.3	DISEÑO GRÁFICO: ETIQUETAS Y COLORES	11
3.2.4	DISEÑO GENERAL DEL ESQUEMA DE PÁGINA	12
3.3	FASE DE IMPLEMENTACIÓN	13
3.3.1	ARQUITECTURA	14
3.3.2	VISTA DE DESPLIEGUE	14
3.3.3	DIRECTORIOS DE CONFIGURACIÓN	15
3.3.4	RECURSOS DE AUTODESK® INFRASTRUCTURE MAP SERVER 2012	18
3.3.5	VISTA DE COMPONENTES	19
3.3.6	VISTA DINÁMICA	21
3.3.7	VISTA DE DATOS	23
3.4	RESULTADOS	26
3.4.1	VISTA DEL APLICATIVO	26
3.4.2	VALIDACIÓN	30
3.4.3	EVALUACIÓN	30
3.4.4	RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS	31
3.4.5	ANÁLISIS DE RESULTADOS	33

<b>IV.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>34</b>
<b>V.</b>	<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS</b>	<b>35</b>
<b>VI.</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>37</b>
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS</b>	<b>38</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: fases para el desarrollo de la aplicación propuesta	4
figura 2: diagrama de proceso actual para el cálculo de pérdidas no técnicas de energía	5
figura 3: diagrama de la propuesta para el proceso de pérdidas no técnicas de energía.	6
figura 4: fase de análisis-- vista de casos de uso	7
figura 5: casos de uso relevantes	9
figura 6: estructura jerárquica	11
figura 7: wireframe tipo1	12
figura 8: wireframe tipo2	12
figura 9: wireframe tipo3	13
figura 10: arquitectura mapguide	14
figura 11: despliegue	15
figura 12: directorio raíz	15
figura 13: componentes php	16
figura 14: paquete pérdidas	17
figura 15: librerías javascript	17
figura 16: mapa y web layout	18
figura 17: capas del mapa	18
figura 18: componentes de implementación	19
figura 19: php services	20
figura 20: application html	21
figura 21: diagrama de secuencia cu001 cu002	22
figura 22: diagrama de secuencia cu006	22
figura 23: estructura de datos	23
figura 24: consulta sig.balance_transfor_v	24
figura 25: consulta sig.balance_mvlinsec_v	25
figura 26: consulta sig.resumen_balance	25
figura 27: procedimiento actualización cantidad de fraudes	26
figura 28: balance por transformador	27
figura 29: detalle vista transformador	27
figura 30: histórico balance transformador	28
figura 31: histórico resumen balance	28
figura 32: histórico balance por circuito	29
figura 33: vistas de consolidados macromedición	29



# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Aspectos técnicos y situación inicial

Las empresas comercializadoras y distribuidoras de energía deben atacar el problema de pérdidas de energía generadas por acciones fraudulentas; esto demanda un análisis de la información generada a diario desde los usuarios conectados al sistema de distribución de energía. Esta información es voluminosa y no existe un método que contribuya a la clasificación y agrupación de esta información con el propósito de tomar decisiones efectivas y que maximicen el impacto de estas acciones.

Cuando los usuarios son fraudulentos se evidencia un patrón de comportamiento detectado por las lecturas tomadas desde macromedidores<sup>2</sup> instalados en la red de distribución. Dichos patrones de comportamiento son detectados mediante procedimientos manuales aplicados por los funcionarios del área de control de pérdidas de energía. Una alternativa para la identificación de patrones de comportamiento es la consolidación de información de macro medidores asociada a la información de los usuarios tal como consumos totales de los usuarios por mes registrados históricamente conectados al transformador versus el consumo total del medidor acumulada , esto requiere de herramientas integradas que permitan visualizar y analizar posibles focos de pérdidas energéticas a partir de información histórica consolidada en los sistemas de información .

Las pérdidas técnicas de energía corresponden a aquellas pérdidas que se generan por el transporte de energía, el calor, la transformación, entre otras; éstas son pérdidas que se pueden mitigar optimizando los elementos que conforman la red de distribución, como líneas de transmisión, los transformadores, los puntos de corte y desconexión.

Pero lo que más llama la atención a las empresas de energía en Colombia son las pérdidas no técnicas de energía, las cuales se debe al hurto de energía o fraudes, los cuales se han venido incrementando a medida que el costo de la energía aumenta.

La Empresa de Energía del Quindío (EDEQ) cuenta con niveles de tensión 110-220-440 V, 13.2 kV, 33.2kV y 115kV, con 12 subestaciones dentro del departamento del Quindío que cubren 99% del consumo del departamento, con una carga instalada anual promedio de 402.7 GigaWattios/Hora con aproximadamente 155.145 usuarios entre comerciales industriales, especiales y residenciales, Las pérdidas de energía durante el 2012 fueron del 13.76% como comercializador y 11,09 % como operador de red.<sup>3</sup>

La empresa reconoce una gran cantidad de problemas relacionados con las pérdidas de energía, requiriendo la atención y la formulación de puntos de atención para este indicador.

---

<sup>2</sup> Macromedidores: Medidores ubicados a la salida del transformador que entregan el valor de energía consumida por todos los usuario conectados a este.

<sup>3</sup> Informe de Gestión EDEQ 2012

[http://www.epm.com.co/portal\\_edeq/documentos/Informes%20de%20Gestion/2012/Informe\\_de\\_gestion\\_edeq\\_2012.pdf](http://www.epm.com.co/portal_edeq/documentos/Informes%20de%20Gestion/2012/Informe_de_gestion_edeq_2012.pdf)

Las empresas comercializadoras y distribuidoras de energía como la EDEQ, deben asegurar que la energía que compran en bolsa energética, sea entregada a los usuarios con la mayor calidad y disponibilidad posible, haciendo que cada vez este tipo de empresas estén más comprometidas con la optimización del servicio. Esto es de gran beneficio para el usuario, porque los indicadores de satisfacción de calidad aumentan, pero cada vez el costo de la tarifa del usuario es más alto, lo que se ve reflejado mes a mes en sus facturas de consumo de energía.

Algunos clientes son conscientes de este gran esfuerzo realizado por la Empresa y tienen claro que la calidad de un servicio implica un valor adicional en el cobro del servicio, sin embargo se evidencia la presencia de usuarios que, aun conscientes de este aspecto recurren a la modalidad de fraude para tener acceso al servicio de energía.

En Colombia el fraude de energía es un delito penalizado y pecuniario lo que implicaría costosas multas en caso de ser detectado y comprobado. Los usuarios que recurren al fraude de energía desconocen y/o desacatan dichas implicaciones, decidiendo correr estos riesgos por ahorrarse el pago del precio del servicio.

*Ley 599 del 2000, Artículo 256*

*“Defraudación de fluidos. El que mediante cualquier mecanismo clandestino o alterando los sistemas de control o aparatos contadores, se apropie de energía eléctrica, agua, gas natural, o señal de telecomunicaciones, en perjuicio ajeno, incurrirá en prisión de uno (1) a cuatro (4) años y en multa de uno (1) a cien (100) salarios mínimos legales mensuales vigentes”*

Es posible obtener un buen control de las pérdidas técnicas a través de prácticas operativas y procedimientos de diseño automatizados para el dimensionamiento óptimo de los elementos y equipos de los circuitos eléctricos. De tal suerte que las pérdidas por este concepto se pueden llevar a niveles aceptables.

Lo que se ha convertido en un problema para las empresa eléctrica son las pérdidas no técnicas, particularmente las del tipo fraudulento por parte de consumidores deshonestos.

Las pérdidas no técnicas se pueden clasificar en tres tipos:

- a) Accidentales: las cuales tienen su origen en el mal uso u operación de los elementos y equipos de los circuitos eléctricos, tal es el caso de errores en la conexión.
- b) Administrativas: energía que por algún motivo no se contabiliza: usuarios sin medidores (toma directa), ferias, etcétera.
- c) Fraudulentas: referidas a la energía que toman algunos consumidores evitando mediante algún mecanismo pasar por los medidores de la compañía de electricidad.

Aunque el abuso por tal concepto se da en todos los estratos sociales, no deja de sorprender el hecho de que en la mayoría de los casos el mayor volumen de pérdidas se encuentra en los grandes consumidores. De esta manera, los robos de la energía eléctrica se hacen desde la común toma clandestina hasta las más sofisticadas y costosas intervenciones de los equipos de medición de la empresa eléctrica.

## 1.2 Objetivos

### Objetivo general:

Diseñar e implementar un piloto funcional que permita integrar datos propios (Empresa de Energía del Quindío) de diferentes orígenes, en un entorno geográfico y gráfico, ubicando en el terreno los puntos de pérdidas y generando graficas que muestren el comportamiento en el tiempo para: los macromedidores, consumo registrado del cliente y las zonas de interés geográficas; con el fin de optimizar el proceso de identificación de pérdidas no técnicas.

### Objetivos específicos:

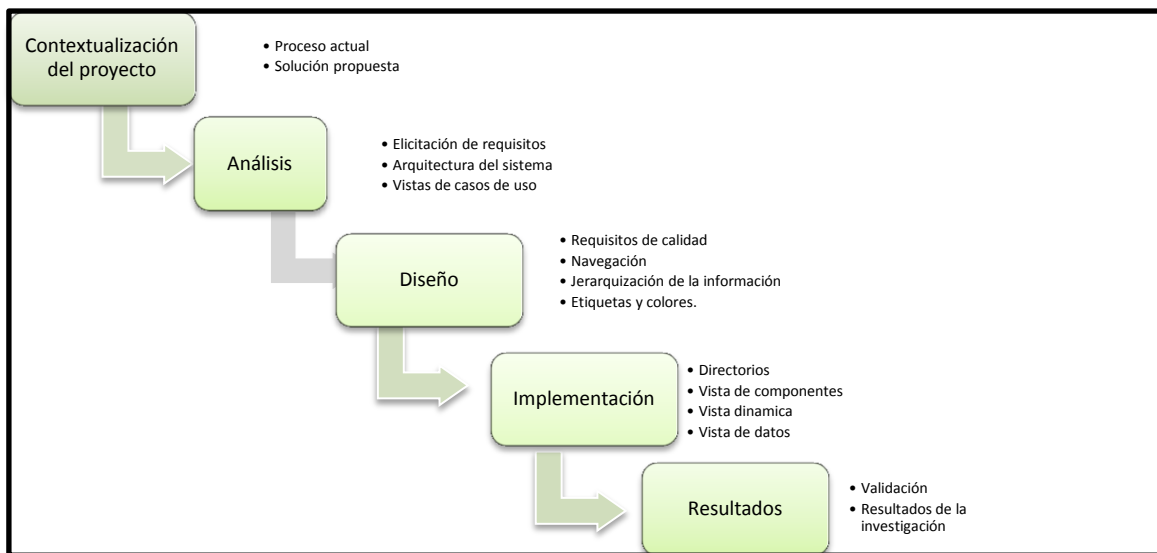
- Introducir nuevas herramientas tecnológicas para la identificación de pérdidas no técnicas de energía.
- Construir herramientas basadas en integración de la información obtenida desde los diferentes sistemas de información de la compañía (Sistema de Información Comercial y Sistema de Pérdidas) para su posterior visualización en un Sistema Geográfico.
- Utilizar la tecnología de los Sistemas de Información Geográficos para la ubicación en el terreno de los puntos de pérdidas de energía y tener una visión integral de los componentes socioeconómicos, con el beneficio que ofrecen hoy en día los mapas geográficos.
- Crear una herramienta gráfica que permita visualizar el comportamiento en el tiempo para los macromedidores, consumo registrado del cliente y las zonas de interés geográficas.
- Evaluar el impacto del piloto software en la eficiencia del proceso para la identificación de pérdidas no técnicas de energía con el propósito de contrastar las mejoras introducidas al proceso.

### 1.3 Metodología para Identificación de pérdidas no técnicas de energía eléctrica

El objetivo principal de la aplicación propuesta es tener un único repositorio de datos y que a su vez permita visualizar esta información de una manera simple, rápida y oportuna. La cual se plantea desarrollar con una metodología ágil que tenga entregables a corto plazo (victorias tempranas), donde se propone realizar un proceso de desarrollo que contemple las siguientes etapas:

- *Contextualización del proyecto*: En esta etapa se analiza el problema actual, el proceso actual y se propone un modelo.
- *Análisis*: Para esta etapa se especifican los casos de uso, requisitos de calidad y se documentan las vistas de los casos de uso.
- *Diseño*: Aquí se especifican los diseños de la navegación, propuesta para el componente gráfico(colores, formas, estilo) y diseños de los menús.
- *Implementación*: En esta etapa se evidencia lo necesario para hacer una implementación completa del aplicativo y la ubicación de directorios, vistas de datos, de componentes, que ayudan al momento del despliegue del aplicativo.
- *Validación*: Con esta etapa se valida que la solución satisface las expectativas del usuario.

Estas etapas son a partes de la metodología planteada por IBM® Rational Unified Process (RUP) para el desarrollo de software como se muestra la *a continuación*:



*Figura1: Fases para el desarrollo de la aplicación propuesta*  
*Fuente: Elaboración Propia*

Para mayor entendimiento se profundizará cada una de estas etapas y actividades propias de cada fase, en los próximos capítulos donde se desenvuelve la aplicación de esta metodología.

## II. CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROYECTO

### 2.1 Proceso actual de Identificación de pérdidas no técnicas de energía eléctrica.

Actualmente en la Empresa de energía del Quindío, la información se consolida usando Microsoft Excel<sup>®</sup>, demandando un número considerable de procesos manuales que hacen dispendioso este procedimiento causando que la información recolectada pueda ser alterada desde los orígenes perdiendo así, la trazabilidad y la credibilidad de la información suministrada creando expectativas que posiblemente no sean cumplidas dando mala medición e interpretación de indicadores y toma de acciones en terreno, equivocadas.

Existen diferentes sistemas de información corporativos como el SAC (Sistema de Administración Comercial) y el SCP (Sistema de Control de Perdidas) que realizan la gestión de pérdidas de energía conducentes a ejecutar acciones de recuperación de energía, revisiones en terreno para localizar usuarios con fraude, sobre un transformador.

De forma independiente se encuentran almacenados en archivos tipo Excel<sup>®</sup> los históricos de estos sistemas para identificar comportamientos relacionados para un transformador o un usuario específico. Los fraudes pueden ser detectados analizando estos comportamientos con el historial de consumo y validando si en algún momento al usuario se le ha aplicado un proceso de recuperación de energía con anexos del contenido de análisis como se puede ver en el siguiente gráfico:

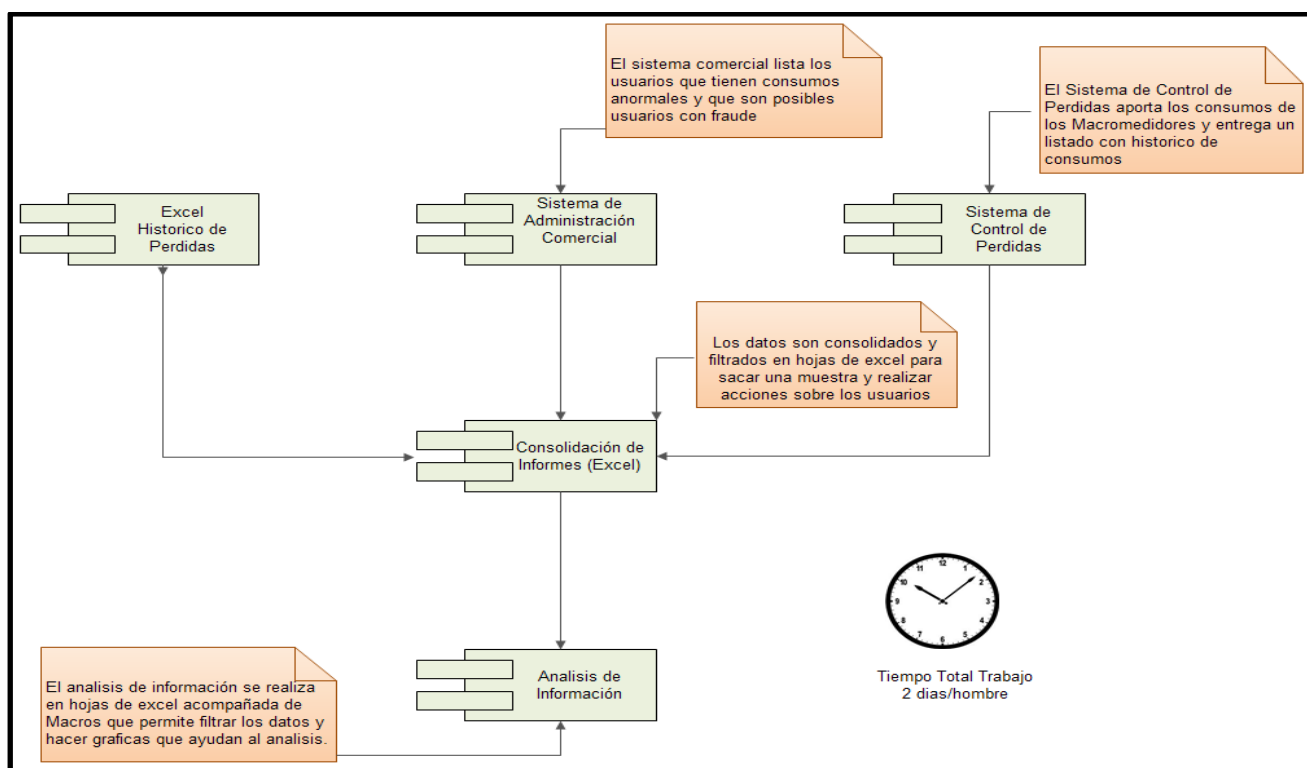


Figura 1: Diagrama de Proceso Actual para el cálculo de pérdidas no técnicas de energía  
Fuente: Elaboración Propia

## 2.2 Solución propuesta para el proceso de identificación de pérdidas de energía.

En el punto anterior 2.1 se evidencia el proceso que se realiza actualmente, sin embargo se tiene la hipótesis de que también se puede incluir en el análisis de variables diferentes al tema puro de energía, como son las culturales, sociales y de territorios que permiten analizar un grupo de usuarios en un contexto geográfico y no de manera independiente.

La integración analítica de los datos de sistemas transaccionales e históricos, ambos corporativos, con los datos culturales y sociales, es posible efectuarlo sobre las plataformas de sistemas de Información Geográfica – SIG-, que de ellos es reconocida la facilidad que brindan como sistema integrador de datos geo-localizados, configurado además con herramientas para el análisis territorial que admiten la identificación de comportamientos y tendencias, que en nuestro caso particular nos llevara a acciones más enfocadas territorialmente.

Por lo anterior se propone una solución informática para detectar y apoyar la toma de medidas que mejoren los planes de acción, facilite la visualización de pérdidas no técnicas de energía donde se evidencie la integración de distintos sistemas técnicos existentes, tales como Sistema de Información Comercial SAC y Sistema de Control de Perdidas SCP, apoyados en tecnología de Sistemas de Información Geográfica SIG, y así permitiendo integrar la información territorial para facilitar la focalización de acciones de control de pérdidas no técnica de energía, como se logra ver en la *Figura 3*, haciendo énfasis en la centralización de la información y la manera consolidada de mostrar los datos para agilizar la toma de decisiones.

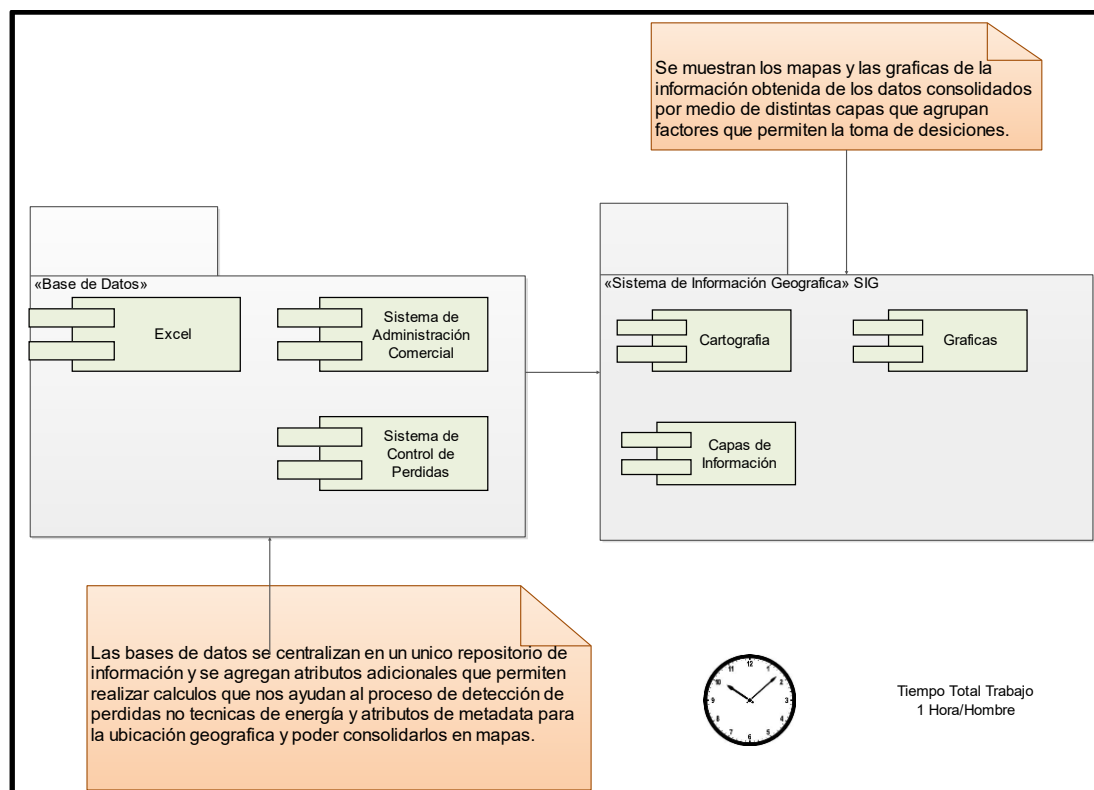


Figura 2: Diagrama de la propuesta para el proceso de pérdidas no técnicas de energía.  
Fuente Elaboración Propia

### III. DESARROLLO DEL MODELO PROPUESTO

#### 3.1 Fase de análisis

##### 3.1.1 Elicitación de requisitos

Con el fin de definir las características del piloto a implementar se realizó el proceso de elicitación de requisitos. Para la obtención de esta información se participó activamente en diferentes espacios, donde se toman decisiones relacionadas con las pérdidas no técnicas de energía eléctrica, en los cuales intervienen roles de la alta gerencia, jefes de área, líderes de equipo, analistas, ingenieros y personal operativo; complementario a esto se realizaron entrevistas personales (libre) a aquellos involucrados y catalogados como futuros usuarios del piloto a implementar.

Como resultado de este proceso se especificaron 9 casos de uso (*Ver* Figura 3: Fase de análisis-- Vista de casos de uso)

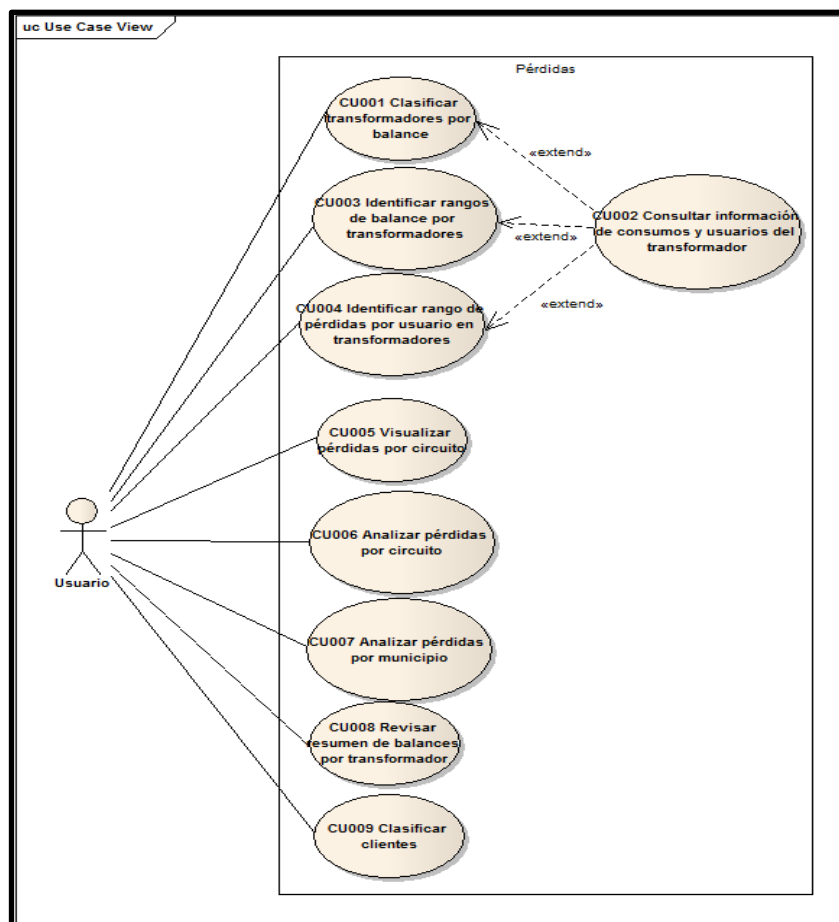


Figura 3: Fase de análisis-- Vista de casos de uso  
Fuente Elaboración Propia

A continuación se lista cada uno de los casos de uso que se requieren implementar, para mayor detalle de cada caso de uso remitirse a los anexos, donde se encuentran detallados:

*CU001 Clasificar transformadores por balance:* Este caso de uso permite al usuario visualizar los transformadores clasificados según su balance.

*CU002 Consultar información de consumos y usuarios del transformador:* Este caso de uso permite al usuario visualizar un gráfico con los consumos y las pérdidas de un transformador, y una tabla con los datos básicos de los usuarios conectados al transformador.

*CU003 Identificar rangos de balance por transformadores:* Este caso de uso permite al usuario visualizar los transformadores clasificados según su rango de balance.

*CU004 Identificar rango de pérdidas por usuario en transformadores:* Este caso de uso permite al usuario visualizar los transformadores clasificados según su rango de pérdidas por usuario.

*CU005 Visualizar pérdidas por circuito:* Este caso de uso permite al usuario visualizar los circuitos clasificados según sus pérdidas.

*CU006 Analizar pérdidas por circuito:* Este caso de uso le permite al usuario visualizar las pérdidas por circuito en una tabla para un mes seleccionado. Para cada circuito es posible ver un diagrama de pastel con los consumos y pérdidas en el mes seleccionado o un gráfico de los consumos, las pérdidas y el indicador de pérdidas contra el tiempo.

*CU007 Analizar pérdidas por municipio:* Este caso de uso le permite al usuario visualizar las pérdidas por municipio en una tabla para un mes seleccionado. Para cada municipio es posible ver un diagrama de pastel con los consumos y pérdidas en el mes seleccionado o un gráfico de los consumos, las pérdidas y el indicador de pérdidas contra el tiempo.

*CU008 Revisar resumen de balances por transformador:* Este caso de uso le permite al usuario visualizar un resumen de los balances por transformador para un mes seleccionado y mediante un gráfico observar su comportamiento en el tiempo.

*CU009 Clasificar clientes:* Este caso de uso permite al usuario visualizar los clientes clasificados según la cantidad de sanciones.

### **3.1.2 Vista de casos de uso**

Mediante la vista de casos de uso se representa una definición general del alcance funcional del sistema que permite que el usuario pueda dimensionar el alcance de la solución, además ayuda a realizar una integración de los componentes que se van a desarrollar, (ver Figura 3: Fase de análisis-- Vista de casos de uso). Para tener detalle de los casos de uso relevantes para el sistema ver en la Figura 4: Casos de uso relevantes los cuales son aquellos que tienen un impacto sobre las decisiones arquitectónicas.

*“La vista de casos de uso captura el comportamiento de un sistema, de un subsistema, o de una clase, tal como se muestra a un usuario exterior. Reparte la funcionalidad de sistema en transacciones significativas para los actores-usuarios ideales de un sistema. Las piezas de funcionalidad interactiva se llaman casos de uso. Un caso de uso describe una interacción con los actores como consecuencia de mensajes entre el sistema y uno o más actores. El termino actor incluye a los seres humanos, así como otros sistemas informáticos y procesos”.*

(Rumbaugh, Jacobson, & Booch, 2000)



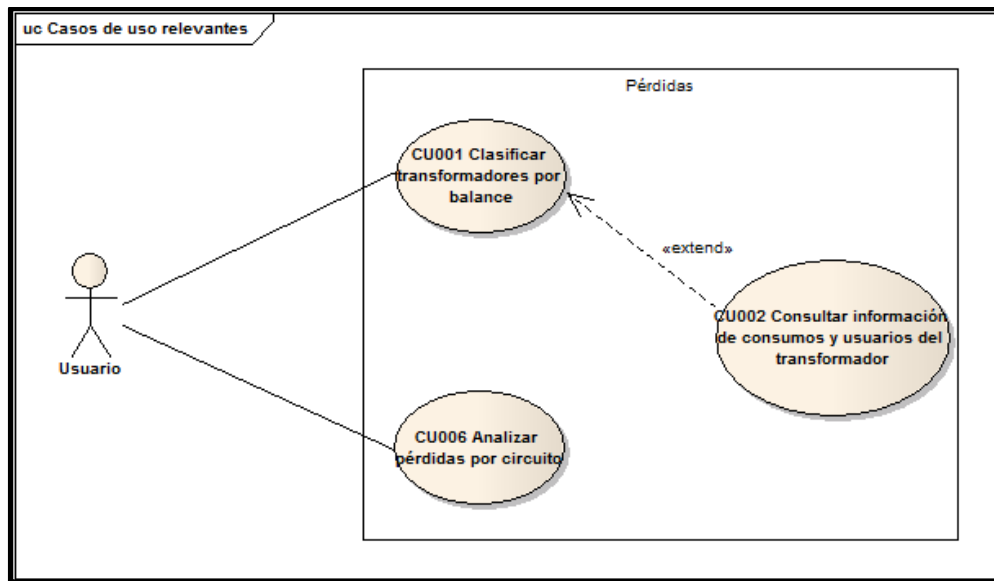


Figura 4: Casos de uso relevantes  
Fuente Elaboración Propia

### 3.1.3 Requisitos de Calidad

Para comprender la necesidad de los usuarios además de los requisitos funcionales se entiende que el usuario también espera que se cumplan distintos aspectos que lo motiven a usar la herramienta por tal motivo se realiza un análisis más detallado desde tres distintos aspectos: integridad, rendimiento y experiencia de usuario lo que ayudara a que la solución software sea aceptada y usada por los usuarios finales.

- **Integridad**

La integridad se plantea con el propósito que no ocurran alteraciones no autorizadas de la información, acceso a los datos, modificación de permisos, todo esto se hace solo mediante servicios específicos, es decir que solo acceden a la información aquellos para quienes fueron creados. El proceso de ingreso de datos se realizará exclusiva y manualmente a través de un cliente de base de datos, con el propósito de afectar exclusivamente las tablas involucradas en la consulta de fraudes sin afectar las tablas de los demás sistemas de información.

- **Rendimiento**

Para asegurar un buen rendimiento y dado que el sistema se inclina por la consulta de información de manera oportuna, se basa el desarrollo del mismo en un modelo de datos elaborado bajo los mismos principios que una bodega de datos (Datamart <sup>4</sup>).

---

<sup>4</sup> Un *Datamart* es una versión especial de almacén de datos (*data warehouse*). Son subconjuntos de datos con el propósito de ayudar a que un área específica dentro del negocio pueda tomar mejores decisiones.

- **Experiencia de usuario**

Para mejorar la experiencia de usuario con los elementos que interactúa en la aplicación se plantea el uso de componentes HTML enriquecidos con librerías JavaScript <sup>5</sup>, con el fin de que su uso sea más agradable, rápido y oportuno al momento de que el usuario así lo requiera.

## 3.2 Fase de diseño

### 3.2.1 Navegación temática

Se propone para la navegación temática o global utilizar las siguientes secciones:



Redes de Distribución

Redes de Pérdidas

La sección *Redes de Distribución* permitirá acceder a la información y funcionalidades ya existentes, en la arquitectura corporativa, respecto al sistema de distribución local.

La sección *Redes de Pérdidas* permitirá acceder a la información y funcionalidades implementadas en el proyecto que presenta este documento: "Identificación de Pérdidas en Sistemas de Energía Mediante Aplicación de Técnicas de Análisis y Visualización de Información".

### 3.2.2 Jerarquización de la información

Los menús que conformarán el aplicativo y sus funcionalidades se organizaran bajo la siguiente estructura jerárquica:

---

<sup>5</sup> *JavaScript* (abreviado comúnmente "JS") es un lenguaje de programación interpretado, se define como orientado a objetos basado en prototipos y se utiliza principalmente en su forma del lado del cliente (client-side), implementado como parte de un navegador web permitiendo mejoras en la interfaz de usuario y páginas web dinámicas.

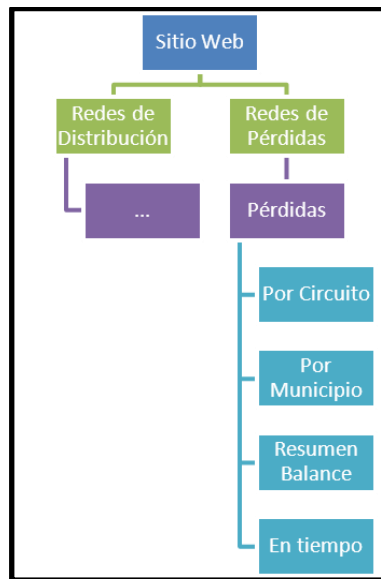


Figura 5: Estructura jerárquica  
Fuente Elaboración Propia

<http://SistemaGeografico/Pérdidas>: Menú que agrupa las funcionalidades a las que se puede acceder en Redes de Pérdidas.

[http://SistemaGeografico/Pérdidas/Por\\_Circuito](http://SistemaGeografico/Pérdidas/Por_Circuito): Opción de menú que permite acceder a la funcionalidad descrita en el caso de uso CU006 Analizar pérdidas por circuito.

[http://SistemaGeografico/Pérdidas/Por\\_Municipio](http://SistemaGeografico/Pérdidas/Por_Municipio): Opción de menú que permite acceder a la funcionalidad descrita en el caso de uso CU007 Analizar pérdidas por municipio.

[http://SistemaGeografico/Pérdidas/Resumen\\_Balance](http://SistemaGeografico/Pérdidas/Resumen_Balance): Opción de menú que permite acceder a la funcionalidad descrita en el caso de uso CU008 Revisar resumen de balances por transformador.

[http://SistemaGeografico/Pérdidas/En\\_tiempo](http://SistemaGeografico/Pérdidas/En_tiempo): Opción de menú que permite acceder al componente que genera dinámicamente ciertas capas según un mes seleccionado.

### 3.2.3 Diseño gráfico: Etiquetas y Colores

Para ayudar a identificar las pérdidas de una manera mas visual se utiliza una escala de colores para los consumos de la siguiente manera:

- Consumo macro: Consumo registrado por el macromedidor
- Consumo usuarios: Consumo acumulado por los usuarios
- Consumo AP: Consumo registrado por alumbrado público y otras cargas
- Pérdidas: Pérdidas
- IP: Indicador de pérdidas

Para las clasificaciones estratégicas se tendrán los siguientes colores y etiquetas:

- Rango crítico
- Rango intermedio
- Rango favorable
- Revisión

### 3.2.4 Diseño general del esquema de página

Actualmente la herramienta para la visualización del sistema de distribución local se organiza como se muestra en el wireframe<sup>6</sup>.

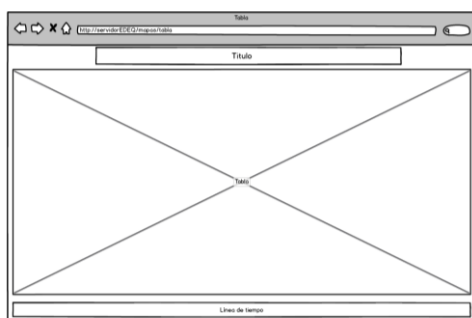


Figura 6: Wireframe Tipo1

El wireframe tipo 1: Muestra el esquema general que presenta los ajustes generales como la inclusión de un encabezado con logo y menú global o menú principal.

El wireframe tipo 2: Representa aquellas páginas que contienen tablas, las cuales se componen de título, tabla y línea de tiempo. La línea de tiempo es un campo de entrada similar a una barra de desplazamiento que permite seleccionar uno u otro mes.

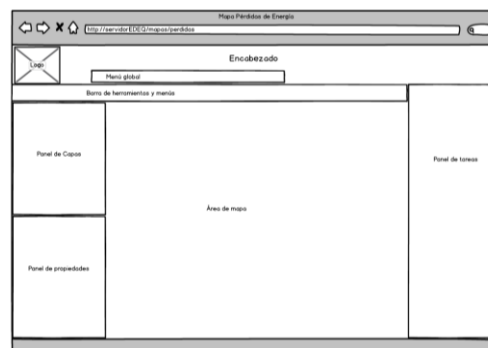
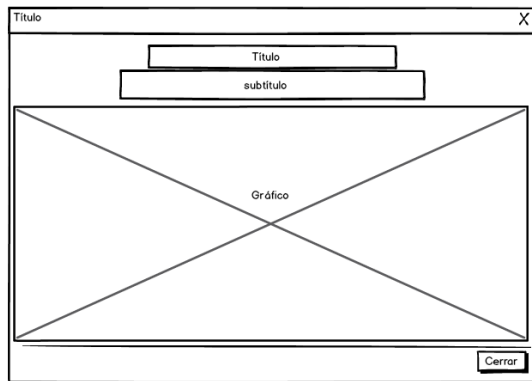


Figura 7: Wireframe Tipo2

---

<sup>6</sup> Un wireframe para un sitio web, también conocido como un esquema de página o plano de pantalla, es una guía visual que representa el esqueleto o estructura visual de un sitio web.



El wireframe tipo 3: Muestra cómo se verán el contenido de los gráficos emergentes que entran información histórica en gráficos de barras o de pastel.

*Figura 8: Wireframe Tipo3*

### 3.3 Fase de implementación

La vista lógica identifica los componentes generales que se requieren para la implementación de la solución, así como las configuraciones y aspectos importantes que se deben tener en cuenta al momento de parametrizar en las herramientas instaladas en los servidores.

### 3.3.1 Arquitectura

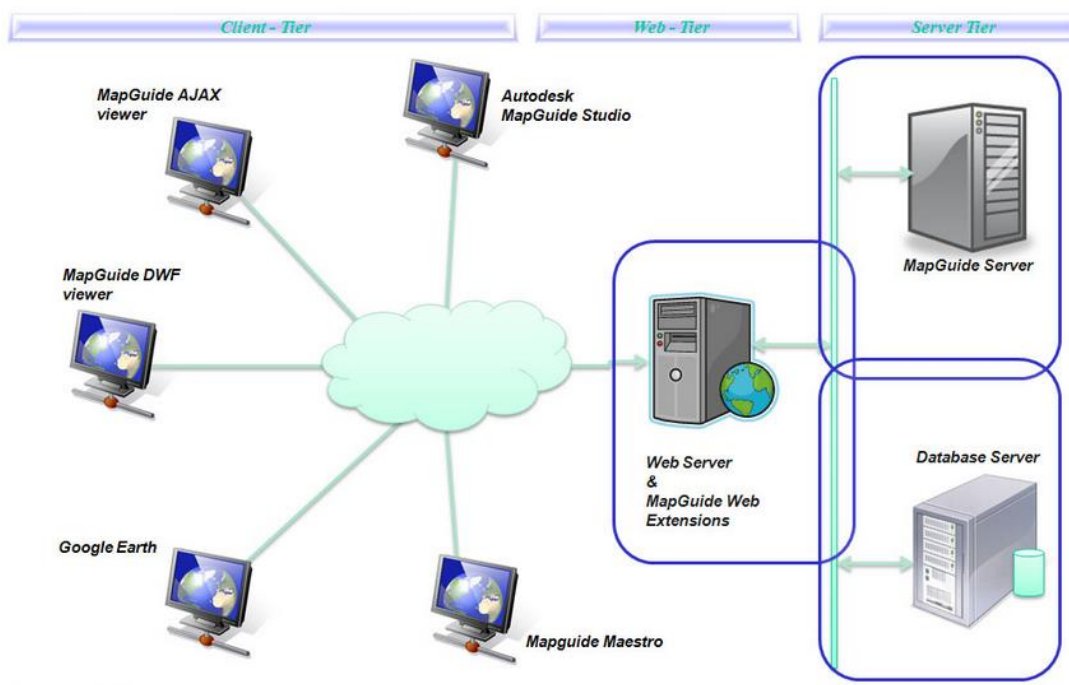


Figura 9: Arquitectura Mapguide

Fuente: <http://cadngis.blogspot.com/2010/07/getting-started-with-mapguide-open.html>

La Arquitectura de Autodesk® MapGuide posibilita crear visores cartográficos con funciones como la selección de elementos, la consulta de atributos, creación de áreas de influencia (buffers), mediciones, etc. En el lado del servidor MapGuide incluye una base de datos XML<sup>7</sup> para almacenar y administrar el contenido, soportando los formatos de archivos tipo espacial (geográfico), bases de datos y estándares más conocidos. La plataforma MapGuide se puede implementar bajo sistemas operativos Linux y Microsoft Windows, siendo compatible con los servidores web Apache e Internet Information Service (IIS). Así mismo, su Interfaz de Programación de Aplicaciones (API) permite desarrollar aplicaciones web en lenguajes de programación PHP, .Net, Java y JavaScript.

### 3.3.2 Vista de Despliegue

En esta vista se muestra a muy alto nivel los componentes generales que intervienen en la instalación de la solución y su comunicación para poder identificar aspectos relevantes al momento de hacer la instalación.

---

<sup>7</sup> XML, siglas en inglés de *eXtensible Markup Language* ('lenguaje de marcas extensible'), es un lenguaje de marcas desarrollado por el World Wide Web Consortium (W3C) utilizado para almacenar datos en forma legible.

“La vista de despliegue representa la disposición de las instancias de componentes de ejecución en las instancias de nodos. Un nodo es un recurso de ejecución, tal como una computadora, un dispositivo o memoria. Esta vista permite determinar las consecuencias de distribución y de asignación de recursos” (Rumbaugh, Jacobson, & Booch, 2000)

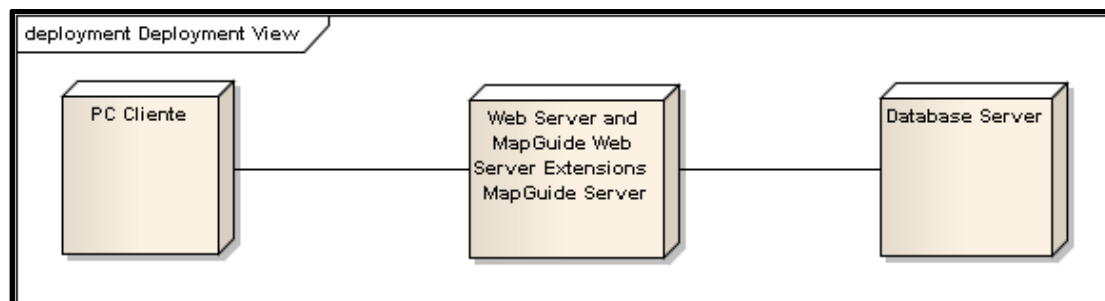


Figura 10: Despliegue  
Fuente Elaboración Propia Jdeveloper

**PC Cliente:** Equipo o dispositivo que hace las veces de cliente con el único requisito es que debe contar con un navegador Web.

**Web Server and MapGuide Web Server Extensions:** Servidor Web que tiene un contenedor de páginas que exponen los servicios para acceder al servidor de base de datos y al servidor de mapas mediante el navegador Web del cliente.

**MapGuide Server:** En este Servidor se corre un servicio que permite acceder a los temas para la creación de capas con estilos y acceso a la base de datos.

**Databases Server:** Este servidor de base de datos cuenta con esquemas propios de los sistemas geográficos para la inclusión de coordenadas que permiten la referenciación de los elementos en un plano cartesiano, para este caso la base de datos es *Oracle* y es la misma base de datos de producción con un esquema propio para este aplicativo.

### 3.3.3 Directorios de Configuración

Para configurar los mapas y accesos se requiere ubicar las extensiones en el servidor web la cual es tomada como directorio raíz. En la Figura 11: Directorio raíz, se representan los paquetes y recursos de este directorio.



Figura 11: Directorio raíz  
Fuente: Fotografía Servidor EDEQ

En este directorio raíz se alojan las siguientes carpetas:

- La carpeta “*mapviewerphp*” contiene los componentes PHP que son explicados en la sección *siguiente Componentes PHP*<sup>8</sup>.
- La carpeta “*perdidas*” contiene las páginas HTML, las librerías, los iconos y los servicios PHP. Los elementos de este directorio son explicados en la sección *Pérdidas*.
- El archivo “*index\_edeq\_lectura*” es la página de inicio e incluye para su encabezado el documento PHP “*edeq\_top\_lectura*”.

## • Componentes PHP

Los componentes PHP son elementos personalizados que pueden ser agregados o vinculados a *MapGuide Viewer*. Estos se utilizan generalmente para la manipulación mediante *MapGuide API* de los recursos de mapas y capas de datos espaciales.

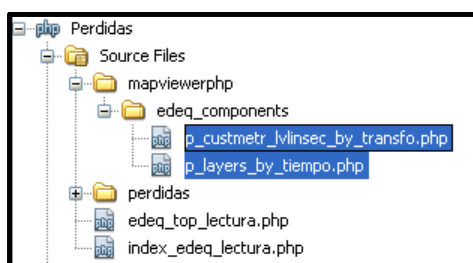


Figura 12: Componentes PHP  
Fuente Fotografía Servidor EDEQ

El componente PHP *p\_custmetr\_lvlinsec\_by\_transfo* genera las capas correspondientes a un transformador, los usuarios conectados a este y las líneas de baja tensión según su código de ubicación, este es obtenido mediante un campo de entrada de texto. Este componente hace uso de la plantilla *clientes.templ* y *rango\_perdidas.templ* ubicadas en el directorio *perdidas/templates*.

El componente PHP *p\_layers\_by\_tiempo* genera las capas correspondientes a la clasificación estratégica por rangos de desbalance y pérdidas por usuario según un mes seleccionado, este es obtenido mediante un menú de selección única. Este componente hace uso de la plantilla *rango\_perdidas.templ*.

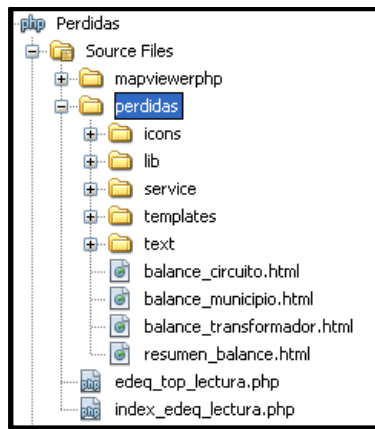
## • Directorios de Pérdidas

Este paquete contiene lo que en la figura 14 es presentado como *Application HTML* y *PHP Services*.

---

<sup>8</sup> PHP es un lenguaje de programación de uso general de código del lado del servidor originalmente diseñado para el desarrollo web de contenido dinámico. Fue uno de los primeros lenguajes de programación del lado del servidor que se podían incorporar directamente en el documento HTML en lugar de llamar a un archivo externo que procese los datos. El código es interpretado por un servidor web con un módulo de procesador de PHP que genera la página Web resultante.





*Figura 13: Paquete Pérdidas*  
Fuente Fotografía servidor EDEQ

La carpeta *icons* contiene las imágenes utilizadas como iconos en algunas tablas de las páginas HTML.

La carpeta *lib* contiene las librerías JavaScript que son utilizadas por las páginas HTML, estas son explicadas en la sección 3.2.2.2.4 *Librerías JavaScript*.

La carpeta *service* contiene los servicios PHP.

La carpeta *templates* contiene algunas plantillas que son utilizadas por los componentes PHP.

La carpeta *text* contiene los ficheros que incluyen traducciones de mensajes mostrados en las tablas que hacen uso de la librería *Datatables*.

- **Librerías JavaScript**



*Figura 14: Librerías JavaScript*  
Fuente Fotografía Servidor EDEQ

*DataTables-1.9.4* es la librería utilizada para mejorar la apariencia y ofrecer funcionalidades como ordenamiento sobre las tablas en las páginas HTML.

*highcharts* es la librería utilizado para los gráficos en las páginas HTML.

*jquery-ui* es la librería utilizada para manipular mediante JavaScript las páginas HTML.

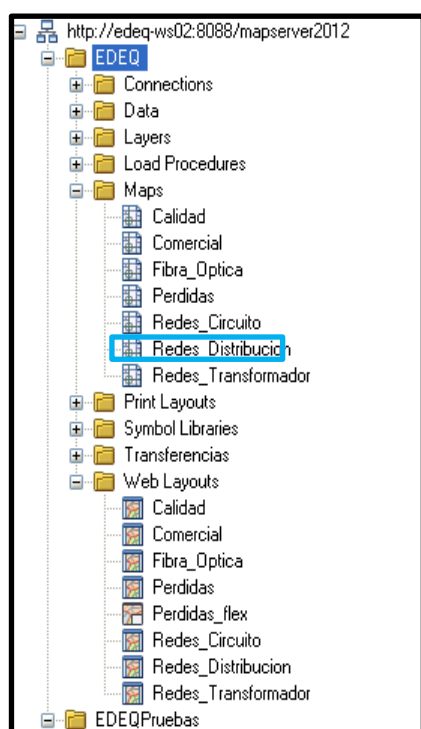
### 3.3.4 Recursos de Autodesk® Infrastructure Map Server 2012

Para definir los recursos de una aplicación en *Autodesk® Infrastructure Map Server 2012* es necesario definir el origen de las características (objetos geográficos), definir las capas, definir el mapa y el *web layout*. El origen de las características es extraído de las siguientes tablas definido sobre la base de datos:

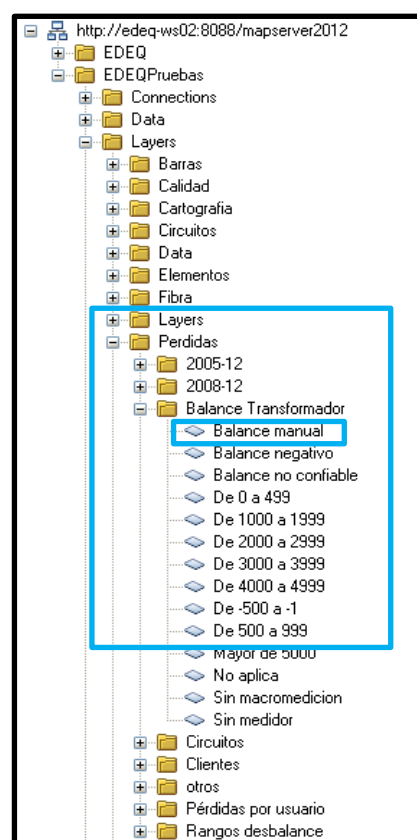
SIG.F\_CLASSDEFINITION  
SIG.F\_SPATIALCONTEXTGEOM  
SIG.F\_ATTRIBUTEDEFINITION

- *SIG.F\_CLASSDEFINITION*: Esta tabla almacena las características de los tipos de capas que serán mostradas en los mapas espaciales, así como las propiedades de lectura, ejecución y escritura, es necesario parametrizar esta tabla al adicionar nuevas capas a los mapas.
- *SIG.F\_ATTRIBUTEDEFINITION*:: En esta tabla se parametrizan los campos correspondientes a cada una de las tablas creadas en *SIG.F\_CLASSDEFINITION* con cada uno de los atributos de los campos como tipo de dato, tamaño y restricciones, lo que permite al entorno grafico interpretar los datos de la base de datos.
- *SIG.F\_SPATIALCONTEXTGEOM*: Aquí están parametrizados la lista de coordenadas y puntos de orígenes que pueden ser utilizadas por el sistema geográfico con el fin de tener los datos acordes con el sistema de coordenadas.

Las capas se de finen en la ubicación que se muestra en las figuras a continuación.



*Figura 15: Mapa y Web Layout*  
Fuente: Fotografía Servidor EDEQ



*Figura 16: Capas del Mapa*  
Fuente: Fotografía Servidor EDEQ

El mapa con sus respectivas capas fueron creados en el entorno de parametrización de *Mapguide* denominado *Autodesk Infrastructure* (Herramienta de Autodesk® ) donde se parametriza el mapa con los datos de las capas creadas, aplicando estilos y perfiles de vistas a cada opción visual del aplicativo.

### 3.3.5 Vista de Componentes

Las vistas de componentes muestran a un alto nivel los componentes y su interacción de la solución para poder tener una idea de todos los artefactos que se necesitan para la operación normal del sistema, además nos da una idea del despliegue de estos componentes en los servidores disponibles para realizar la implementación.

*“Un componente es una unidad física de implementación con interfaces bien definidas pensada en ser utilizada como parte reemplazable de un sistema. Cada componente incorpora la implementación de ciertas clases del diseño del sistema. Los componentes bien diseñados no dependen directamente de otros componentes sino de interfaces que ofrecen los componentes”.* (Rumbaugh, Jacobson, & Booch, 2000)

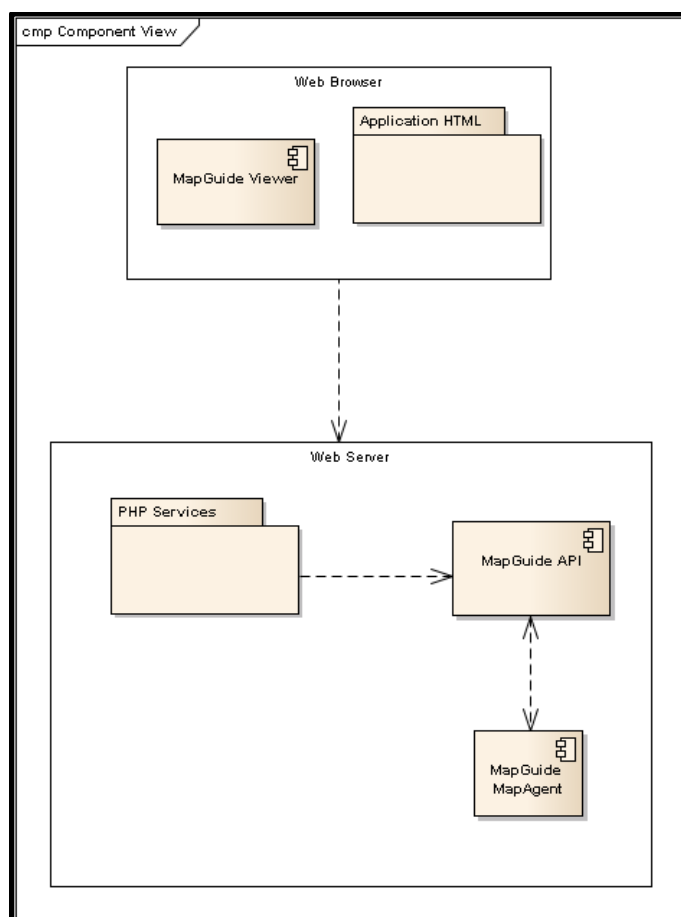


Figura 17: Componentes de implementación  
Fuente. Elaboración Propia, Jdeveloper

La vista de componentes descrita en la Figura anterior, nos muestra dos bloques principales, uno de “Web Browser” que nos identifica los componentes al lado del cliente y “Web Server” que describe los componentes asociados al servidor o servidores que soportan la solución, para más detalle se describe a continuación cada componente.

*Web Browser:* Navegador Web con soporte para JavaScript.

*MapGuide Viewer:* Cliente de MapGuide basado en AJAX. Es un componente legado que se ejecuta en *Web Browser*.

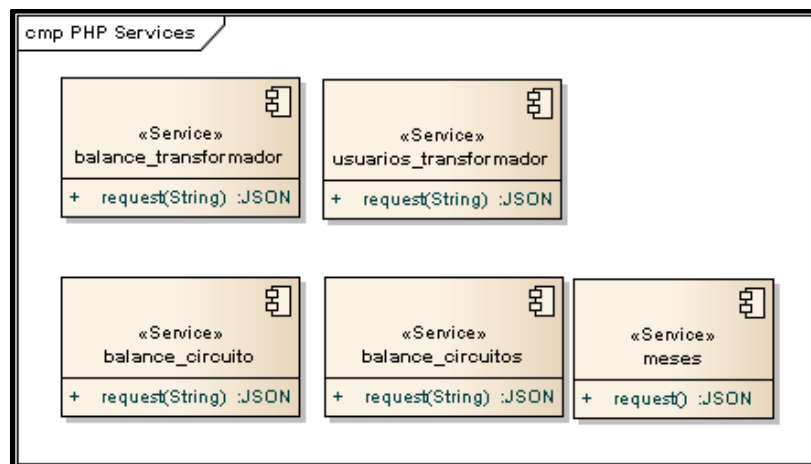
*Application HTML:* Componentes HTML que mediante JavaScript presentan la información y acceden a los servicios PHP, se ejecutan en *Web Browser*.

*Web Server:* Servidor Web que contiene alojadas las páginas y componentes necesarios para ser cargados desde cualquier navegador.

*PHP Services:* Servicios PHP implementados para acceder a la información alojada en la base de datos y para manipular los diferentes elementos presentados en el mapa utilizando *MapGuide API*, se ejecutan en *Web Server*. Acceden a la base de datos mediante OCI8 y responden a las solicitudes con un objeto JSON. Estos son presentados con mayor detalle en la *Figura 18: PHP Services*

*MapGuide API:* Interfaz de programación de aplicaciones que permite crear temporalmente datos y capas, y manipular el estado del mapa. Es un componente legado que se ejecuta en *Web Server*.

*MapGuide MapAgent:* Es un componente legado que se ejecuta en *Web Server*, permite acceder a *MapGuide Server*.



*Figura 18: PHP Services*  
*Fuente Elaboración Propia Jdeveloper*

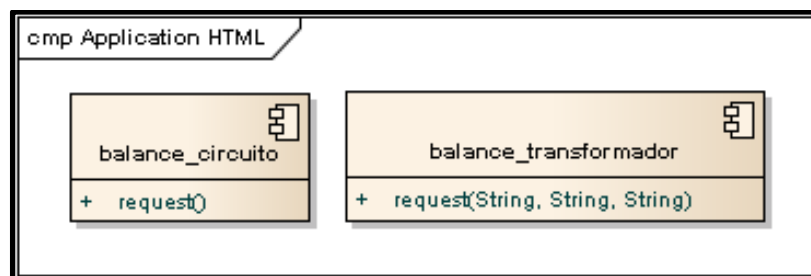
Para poder comprender el alcance de los componentes PHP se realizó una descripción detallada de los componentes internos que los conforman, como se muestra en la *Figura 13*, para cada capa consolidada que se muestra en el visor se crea un PHP, para poder crear la conexión entre la parte geográfica, gráfica y de base de datos, para cada una se realiza una breve descripción a continuación.

- *balance\_transformador:* Servicio PHP que retorna un objeto JSON con las series correspondientes a los acumulados del consumo registrado por los macromedidores, consumo registrado por los usuarios, consumo de alumbrado público y otras cargas y pérdidas para un transformador

específico.

- *usuarios\_transformador*: Servicio PHP que retorna un objeto JSON con el listado de los clientes conectados a un transformador específico.
- *balance\_circuito*: Servicio PHP que retorna un objeto JSON con las series correspondientes a los acumulados del consumo registrado por los macromedidores, consumo registrado por los usuarios, consumo de alumbrado público y otras cargas y pérdidas para un circuito específico.
- *balance\_circuitos*: Servicio PHP que retorna un objeto JSON con las series correspondientes a los acumulados del consumo registrado por los macromedidores, consumo registrado por los usuarios, consumo de alumbrado público y otras cargas y pérdidas para los diferentes circuitos en meses específicos.
- *Meses*: Es un servicio PHP que retorna los meses o elementos que componen la línea de tiempo.

Para poder realizar capas de consolidación y líneas de tiempo se creó un componente adicional de Aplicación HTML ver *Figura 20*, donde se utilizan distintos componentes para realizar la consolidación de datos y enviarlos a la capa de PHP para la respectiva visualización.



*Figura 19: Application HTML*  
*Fuente Elaboración Propia Jdeveloper*

*balance\_circuito*: Componente HTML que mediante JavaScript accede a diferentes servicios PHP y construye las tablas y gráficos descritos en el caso de uso *CU006 Analizar pérdidas por circuito*.

*balance\_transformador*: Componente HTML que mediante JavaScript accede a diferentes servicios y construye las tablas y gráficos descritos en el caso de uso *CU002 Consultar información de consumos y usuarios del transformador*.

### 3.3.6 Vista Dinámica

*“Un diagrama de secuencia representa una interacción como un gráfico bidimensional. La dimensión vertical es el eje de tiempo que avanza hacia abajo de la página. La dimensión horizontal muestra los roles de clasificador que representan objetos individuales en la colaboración. Cada rol del clasificador se representa mediante una columna vertical-línea de vida. Durante el tiempo que existe el objeto, el rol se muestra por una manera discontinua. Durante el tiempo que dura una activación de un procedimiento en el objeto. La línea de vida se dibuja como una doble línea.”* (Rumbaugh, Jacobson, & Booch, 2000)

Se muestra un mensaje como una línea con estilo flecha desde la línea de vida de un objeto a la del otro. Las flechas se organizan en el diagrama en orden cronológico hacia abajo.

Mediante diagramas de secuencia se explica la manera como colaboran los componentes para la realización de los casos de uso presentados en la Figura 4: Casos de uso relevantes.

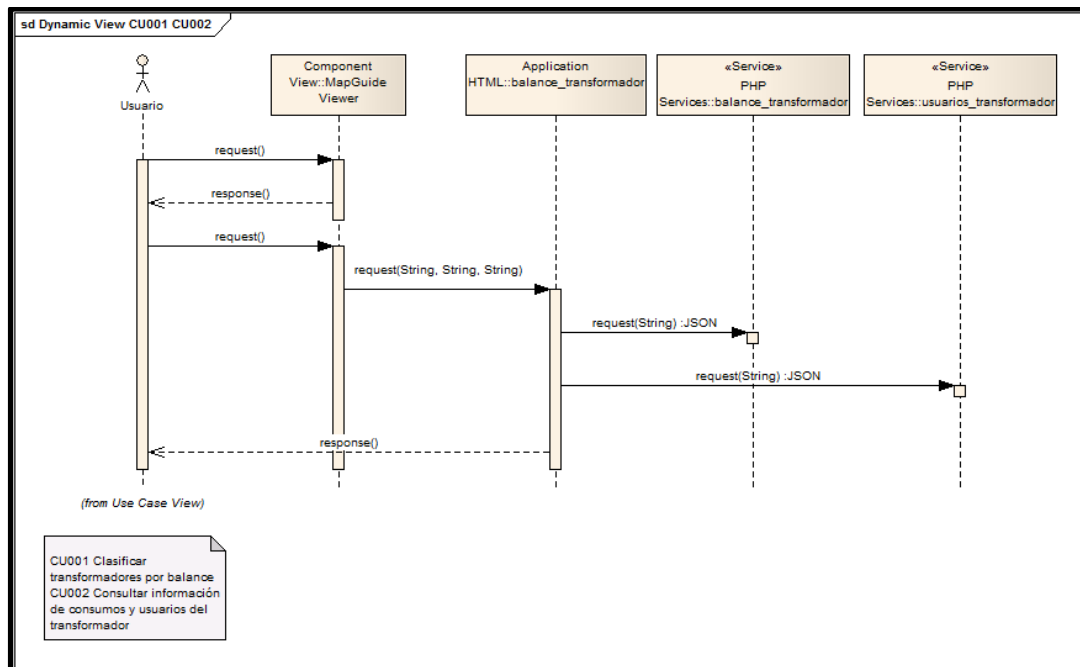


Figura 20: Diagrama de secuencia CU001 CU002  
Fuente: Elaboración Propia, Jdeveloper

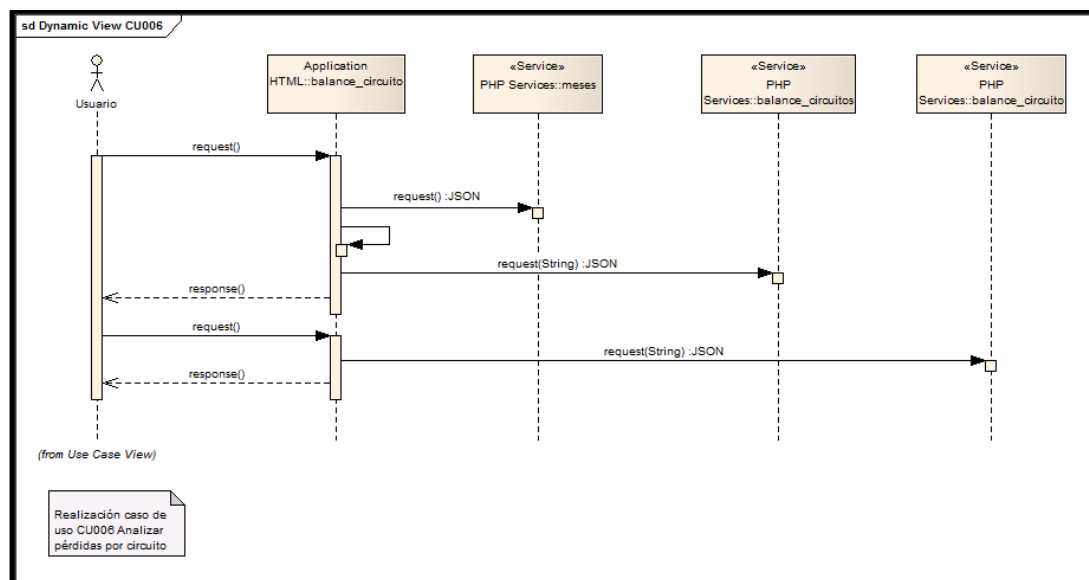
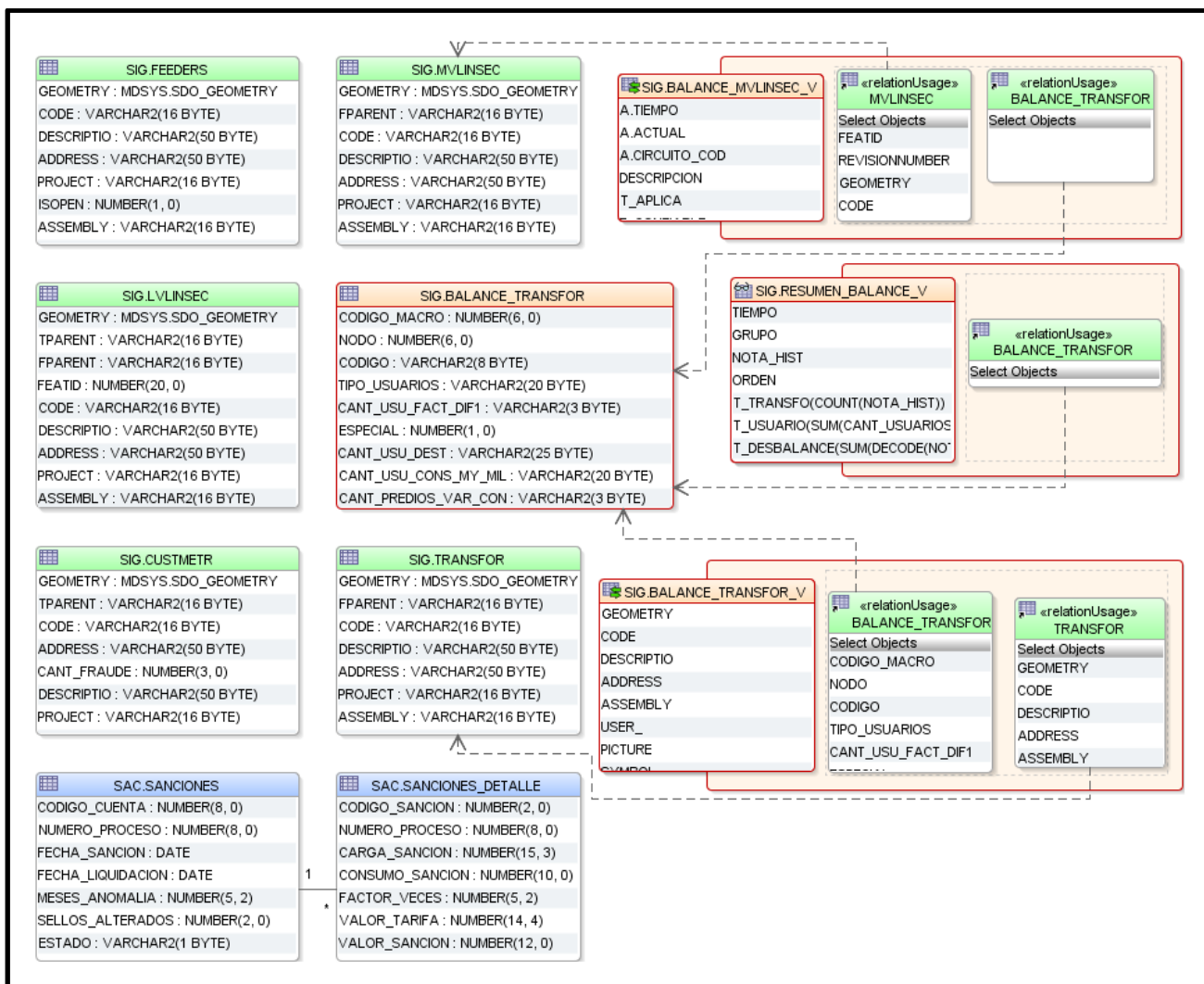


Figura 21: Diagrama de secuencia CU006  
Fuente: Elaboración Propia

### 3.3.7 Vista de Datos

Se realizó la creación de nuevas tablas que se presentan en la figura 20 en color rojo (*Ver figura 20*) para almacenar los datos correspondientes a los consolidados de información y así mismo adicionar los datos de la “Metadata” (Datos para la publicación en sistemas geográficos), los cuales nos permiten por medio de *Jobs* (tareas programadas de base de datos) y vistas materializadas, realizar el cargue diario y automático de los consolidados que se desean graficar en la herramienta.



*Figura 22: Estructura de Datos*  
Fuente: Elaboración Propia

Para mayor comprensión se describe a continuación los componentes de base de datos más relevantes que permiten hacer la consolidación de datos y la asociación del componente espacial, para los casos de las vistas materializadas se incluye el código SQL escrito para la actualización de las vistas.

La tabla SIG.BALANCE\_TRANSFOR, las vistas materializadas SIG.BALANCE\_TRANSFOR\_V y SIG.BALANCE\_MVLINSEC\_V, y la vista SIG.RESUMEN\_BALANCE fueron creadas para este proyecto, los demás elementos ya hacían parte de las bases de datos.

Las tablas SAC.SANCIONES y SAC.SANCIONES\_DETALLE almacenan la información de las sanciones sobre los usuarios.

La tabla SIG.CUSTMETR almacena la información técnica y espacial de los clientes y los medidores.

La tabla SIG.LVLINSEC almacena la información técnica y espacial de las líneas de baja tensión.

La tabla SIG.TRANSFOR almacena la información técnica y espacial de los transformadores.

La tabla SIG.MVLINSEC almacena la información técnica y espacial de las líneas de media tensión.

La tabla SIG.FEEDERS almacena la información técnica y espacial de los circuitos.

La tabla SIG.BALANCE\_TRANSFOR almacena la información del consumo acumulado de los usuarios, consumo de alumbrado público y otras cargas, consumo registrado por los macromedidores y pérdidas determinado mes.

La vista materializada SIG.BALANCE\_TRANSFOR\_V integra la información espacial, técnica y de balances de los transformadores, lo que permite presentar sobre un mapa la información correspondiente a las pérdidas de energía eléctrica. La consulta que contiene se presenta en la figura 24: Consulta SIG.BALANCE\_TRANSFOR\_V .

```
SELECT
  28 AS CLASSID, FEATID, REVISIONNUMBER, GEOMETRY, CODE,
  DESCRIPTIO, ADDRESS, PROJECT, ASSEMBLY, USER_, PICTURE,
  SYMBOL, PHASES, METERCODE, CUSTOMERS, CUSTOMER_0, CUSTOMER_1,
  CUSTOMER_2, FPARENT, XPOS, YPOS, Z, XSIZE, YSIZE, INVNUMBER,
  DATUM, OWNER, OWNER1, ISON, R, G, B, TRFTYPE, FLAG, ELNODE,
  LVELNODE, PHNODE, MVA3PH_SCC, MVA1PH_SCC, CULOSSES, FELOSSES,
  IMPEDANCE, GROUP_, CODEBANK, ISOPEN, MUNICIPIO, DPTO, SERIAL,
  POBLACION, DATE_FAB, DATE_INST, TYPE, IS_BANK, NUM_TRFS, ENEG,
  MARCA, DATE_REM, LATITUD, TIPO_RED, LONGITUD, COLOR,
  CODIGO_MACRO, NODO, CODIGO, TIPO_USUARIOS, CANT_USU_FACT_DIF1,
  ESPECIAL, CANT_USU_DEST, CANT_USU_CONS_MY_MIL,
  CANT_PREDIOS_VAR_CON, NOTA_ANALISIS, CANT_USU_ACTIVOS,
  CONSUMO_MACRO, CONSUMO_USUARIOS, CONSUMO_AP, SOLUCION_CONSUMO,
  OBS_LECT, APLICA_INST_MACRO, MACRO_INSTALADA,
  NOTA_IND_COBERTURA, NOTA_HIST, NOTA_HIST_PER_US,
  TIEMPO, FEATID2, ACTUAL, MUNICIPIO_DESC, ZONA, CIRCUITO_COD,
  CIRCUITO_DESC, AREA, ESTADO, PROPIEDAD, GRUPO_CALIDAD,
  DIAS_FACTURADOS
FROM SIG.TRANSFOR T, SIG.BALANCE_TRANSFOR BT
WHERE T.INVNUMBER = BT.CODIGO;
```

Figura 23: Consulta SIG.BALANCE\_TRANSFOR\_V  
Fuente: Elaboración Propia



La vista materializada SIG.BALANCE\_MVLINSEC\_V agrupa por circuito los balances de los transformadores y los integra con la información de las líneas de media tensión. La consulta que contiene se presenta en la *Figura 24: Consulta SIG.BALANCE\_MVLINSEC\_V*

```
SELECT
TIEMPO, ACTUAL, CIRCUITO_COD, DESCRIPCION, T_APLICA, T_CONFIABLE, T_MANUAL, T_USUARIOS, C_MACRO,
C_USUARIOS, C_AP, T_URBANO, T_RURAL, 29 AS CLASSID, FEATID, REVISIONNUMBER, GEOMETRY, CODE,
DESCRIPTIO, ADDRESS, PROJECT, ASSEMBLY, USER_, PICTURE, SYMBOL, PHASES, METERCODE, CUSTOMERS,
CUSTOMER_0, CUSTOMER_1, CUSTOMER_2, FPARENT, XPOS1, YPOS1, XPOS2, YPOS2, DATUM, XSIZE, YSIZE,
ELNOD1, ELNOD2, CONDUCTOR, NEUTRAL, IEQUIPMENT, IEQUIPTYPE, FEQUIPMENT, FEQUIPTYPE, LENGTH,
KVNOM, ORDER_, SPAN, STATE, CLASS, SEQUENCE, R, G, B, RTHEV, XTHEV, ROTHEV, XOTHEV, CODEBDE,
LENGTHBDE, OWNER, POBLACION, INVNUMBER, DATE_, DATE_REM, COLOR
FROM (
SELECT TIEMPO, ACTUAL, CIRCUITO_COD, CIRCUITO_DESC AS DESCRIPCION,
SUM(APLICA_INST_MACRO) AS T_APLICA,
SUM(DECODE(NOTA_IND_COBERTURA, 'Balance confiable', 1, 0)) AS T_CONFIABLE,
SUM(DECODE(NOTA_IND_COBERTURA, 'Balance manual', 1, 0)) AS T_MANUAL,
SUM(DECODE(NOTA_IND_COBERTURA, 'Balance confiable', TO_NUMBER(CANT_USU_ACTIVOS), 0))
AS T_USUARIOS,
SUM(DECODE(NOTA_IND_COBERTURA, 'Balance confiable', TO_NUMBER(REPLACE(CONSUMO_MACRO, ',', '.'), 0))
AS C_MACRO,
SUM(DECODE(NOTA_IND_COBERTURA, 'Balance confiable', TO_NUMBER(REPLACE(CONSUMO_USUARIOS, ',', '.'), 0))
AS C_USUARIOS,
SUM(DECODE(NOTA_IND_COBERTURA, 'Balance confiable', TO_NUMBER(REPLACE(CONSUMO_AP, ',', '.'), 0))
AS C_AP,
SUM(DECODE(AREA|ESTADO, 'URBANOI', 1, 0)) AS T_URBANO,
SUM(DECODE(AREA|ESTADO, 'RURALI', 1, 0)) AS T_RURAL
FROM SIG.BALANCE_TRANSFOR
GROUP BY TIEMPO, ACTUAL, CIRCUITO_COD, CIRCUITO_DESC
) A, SIG.MVLINSEC
WHERE A.CIRCUITO_COD=FPARENT;
```

Figura 24: Consulta SIG.BALANCE\_MVLINSEC\_V

Fuente: Elaboración Propia

La vista SIG.RESUMEN\_BALANCE presenta la cantidad de transformadores, la cantidad de usuarios y la sumatoria de los desbalances para cada clasificación de balance en un mes determinado. La consulta que contiene es presentada en la *Figura 25: Consulta SIG.RESUMEN\_BALANCE*

```
SELECT
TIEMPO, GRUPO, NOTA_HIST, ORDEN, COUNT(NOTA_HIST) AS T_TRANSFO, SUM(CANT_USUARIOS) AS T_USUARIO,
SUM(DECODE(NOTA_IND_COBERTURA, 'Balance confiable', (C_MACRO - (C_USUARIO + C_AP)), 0)) AS T_DESBALANCE
FROM (
SELECT
TIEMPO, NOTA_IND_COBERTURA, NOTA_HIST, DECODE(
NOTA_HIST, 'De -500 a -1', 'confiables', 'De 0 a 499', 'confiables', 'De 500 a 999',
'confiables', 'De 1000 a 1999', 'confiables', 'De 2000 a 2999', 'confiables', 'De 3000 a 3999',
'confiables', 'De 4000 a 4999', 'confiables', 'Mayor de 5000', 'confiables', 'Balance manual',
'confiables', 'Balance negativo', 'para reparar', 'Balance no confiable', 'para reparar',
'Sin medidor', 'para reparar', 'Sin macromedición', 'para instalar',
'No aplica para macromedición', 'no aplica', '-'
) AS GRUPO, DECODE(
NOTA_HIST, 'De -500 a -1', 0, 'De 0 a 499', 1, 'De 500 a 999', 2, 'De 1000 a 1999', 3,
'De 2000 a 2999', 4, 'De 3000 a 3999', 5, 'De 4000 a 4999', 6, 'Mayor de 5000', 7,
'Balance manual', 8, 'Balance negativo', 9, 'Balance no confiable', 10, 'Sin medidor', 11,
'Sin macromedición', 12, 'No aplica para macromedición', 13, -1
) AS ORDEN, TO_NUMBER(DECODE(CANT_USU_ACTIVOS, null, 0, 'na', 0, 'NEN', 0, CANT_USU_ACTIVOS))
AS CANT_USUARIOS,
TO_NUMBER(DECODE(CONSUMO_MACRO, null, 0, 'na', 0, 'NEN', 0, CONSUMO_MACRO)) AS C_MACRO,
TO_NUMBER(DECODE(CONSUMO_USUARIOS, null, 0, 'na', 0, 'NEN', 0, CONSUMO_USUARIOS)) AS C_USUARIO,
TO_NUMBER(DECODE(CONSUMO_AP, null, 0, 'na', 0, 'NEN', 0, CONSUMO_AP)) AS C_AP
FROM SIG.BALANCE_TRANSFOR
WHERE NOTA_HIST != 'NEN')
GROUP BY TIEMPO, GRUPO, NOTA_HIST, ORDEN;
```

Figura 25: Consulta SIG.RESUMEN\_BALANCE

Fuente: Elaboración Propia

El campo CANT\_FRAUDE de la tabla SIG.CUSTMETR es actualizado por el procedimiento PL-SQL que se presenta en la *Figura 26: Procedimiento actualización cantidad de fraudes*

```
CREATE PROCEDURE PROTEST AS
BEGIN
  FOR R_CLIENTE IN (
    SELECT S.CODIGO_CUENTA CODIGO, COUNT(S.CODIGO_CUENTA) CANT
    FROM SAC.SANCIONES S
    WHERE EXISTS(
      SELECT *
      FROM SAC.SANCIONES_DETALLE SD
      WHERE S.NUMERO_PROCESO=SD.NUMERO_PROCESO
      AND (CODIGO_SANCION = 3 OR CODIGO_SANCION = 6
      OR CODIGO_SANCION = 22 OR (
        CONSUMO_SANCION > 0 AND ESTADO = 'F'
        AND (CODIGO_SANCION = 10 OR CODIGO_SANCION = 4))))
      GROUP BY S.CODIGO_CUENTA
    ) LOOP
    UPDATE SIG.CUSTMETR SET CANT_FRAUDE=R_CLIENTE.CANT WHERE CODE=R_CLIENTE.CODIGO;
  END LOOP;
END PROTEST;
```

*Figura 26: Procedimiento actualización cantidad de fraudes*  
*Fuente: Elaboración Propia*

## 3.4 Resultados

### 3.4.1 Vista del Aplicativo

Después de haber realizado la configuración a nivel de aplicativo, base de datos y sistema geográfico se crean mapas geográficos temáticos asociados a la identificación de pérdidas no técnicas de energía como lo son los balances por transformador, entre otros, que veremos a continuación.

- **Balances por transformador**

Este mapa muestra los balances por cada transformador y se evidencia en una escala de colores el grado de desviación que existe entre las medidas realizadas en el macro medidor durante un periodo de tiempo y el consumo de todos los usuarios asociados a este transformador en este mismo rango de tiempo, lo que nos permite evidenciar focos de pérdidas de energía que van asumiendo colores como el Naranja, rojo que permite llamar la atención de análisis gerenciales ( ver figura 28).

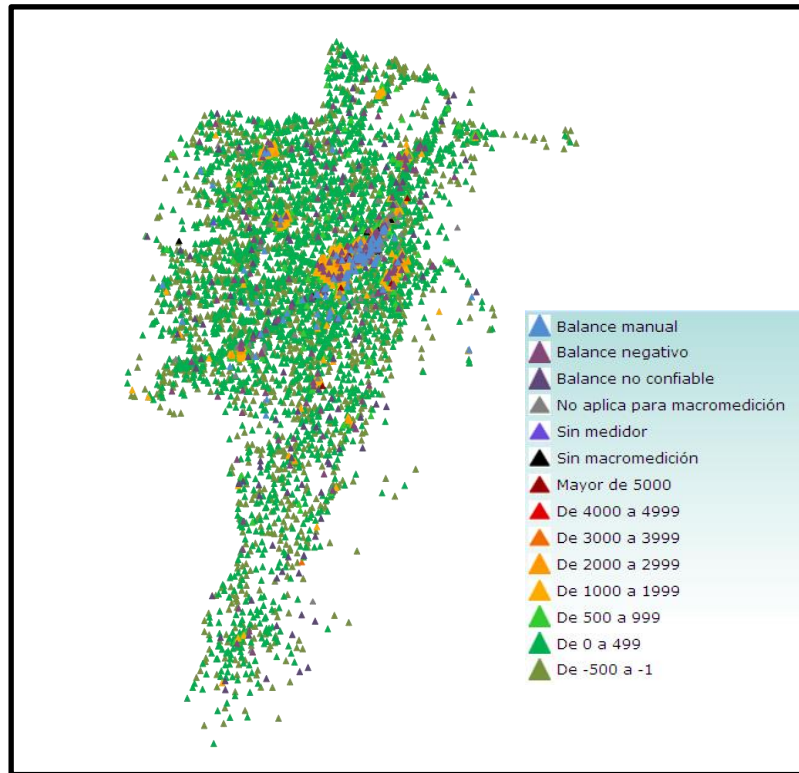


Figura 27: Balance por transformador  
Fuente: Vista del Aplicativo

Al realizar *Zoom* sobre cualquier punto del mapa se logra ver más detalle de la zona y carga más datos geográficos como la cartografía, y permite analizar sectores como barrios o comunas y ver el comportamiento del sector y hasta poder planear acciones sectorizadas que permitan impactar a un gran número de personas en una comunidad.

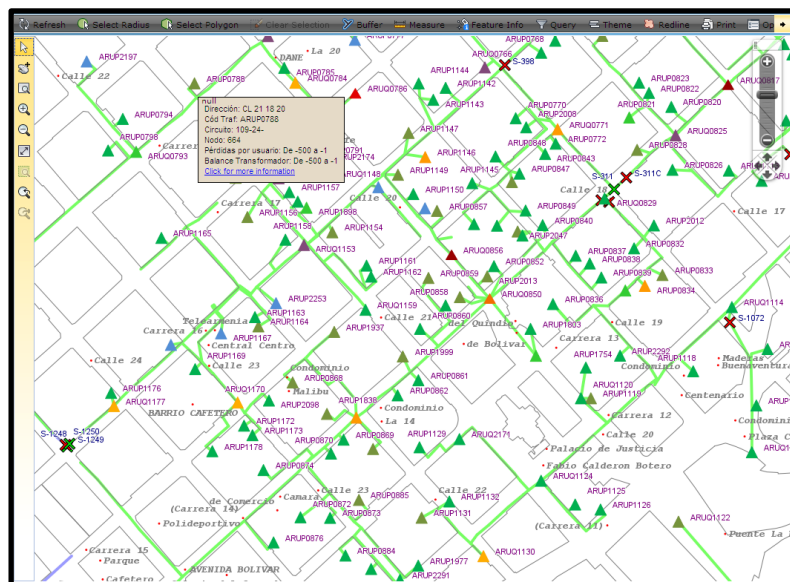


Figura 28: Detalle Vista Transformador  
Fuente: Vista del Aplicativo

Al hacer clic en un transformador podemos observar el comportamiento histórico del transformador y ver los usuarios asociados al transformador con cada consumo, lo que permite ayudar a comprender el comportamiento del indicador del transformador por que puede ir en decadencia o ascendencia y así poder entregar al analista de pérdidas una ayuda visual para comprender el indicador del transformador.

- **Histórico de balances por transformador**



Figura 29: Histórico balance transformador

También podemos ver los históricos consolidados por periodo, donde observamos el comportamiento del histórico en el tiempo, lo que nos ayuda a evidenciar el avance del indicador y se logra tener un control de los focos de pérdidas.

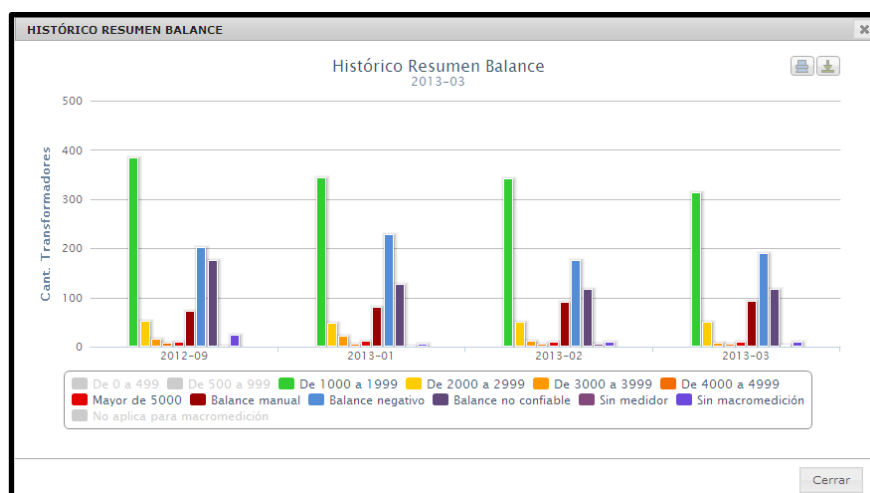


Figura 30: Histórico resumen balance

Al implementar este mapa se entregó a la Gerencia de Distribución de energía el indicador de pérdidas por circuitos que conforman la red eléctrica del departamento del Quindío, lo que ayuda a analizar donde pueden ser las próximas inversiones y cuales circuitos han evolucionado en el tiempo.

- **Histórico de balances por circuito**

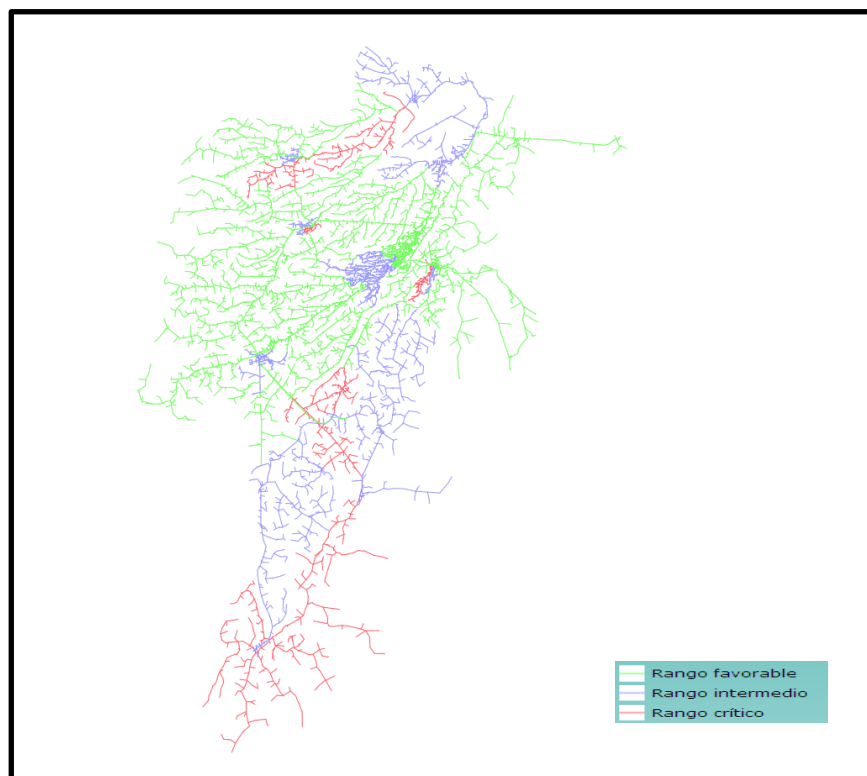


Figura 31: Histórico balance por circuito

Al ver el detalle de cada circuito podemos encontrar información concreta de cada uno de ellos y puede entregar informes gerenciales que permitan por colores clasificar la intensidad de las pérdidas en cada uno de los circuitos, ayudados por diagramas de pastel y de barras.

PÉRDIDAS POR CIRCUITO VISTAS DESDE LA MACROMEDICIÓN													
Código		Transformadores			Confiabilidad	Usuarios activos	Consumo (kwh)			Pérdidas (kwh)	IP	Variación	Ver
Circuito		Aplican	Confiables	Manuales			Macromedidores	Usuarios	AP				
206-23-	206-23- PUJO	290	262	0	90.34%	1.015	109,266	93,493	1,394	14,379	13.16%	4.90%	📈
206-25-	206-25- CIRCUITO 3	130	120	1	91.08%	5.197	754,018	633,423	52,727	67,868	9.00%	2.08%	📈
206-25-	206-25- BARCELONA	134	127	2	96.27%	2.019	303,140	262,779	16,934	23,427	7.73%	0.77%	📈
304-25-	304-25- QUIMBAYA 1	87	85	0	97.70%	406	84,215	73,598	4,161	6,456	7.67%	2.80%	📈
304-23-	304-23- PARAISO	123	119	0	96.75%	578	95,672	87,759	999	6,914	7.23%	2.39%	📈
303-23-	303-23- MONTECRO 2	41	41	0	100.00%	2,435	303,860	286,913	15,344	21,603	7.11%	-0.76%	📈
206-24-	206-24- CENOVIA	291	272	0	93.47%	2,572	329,234	282,282	24,188	22,764	6.91%	1.33%	📈
206-22-	206-22- CORDOBA	192	177	0	92.19%	2,492	296,611	251,836	24,939	19,836	6.69%	-0.58%	📈
111-22-	111-22- CIUDAD DORADA	87	84	0	96.55%	6,378	776,433	664,467	62,078	51,888	6.67%	-0.48%	📈
205-24-	205-24- QUERRADA NEGRA	146	145	0	99.32%	629	71,862	67,545	1,424	4,893	6.82%	-0.48%	📈
Total		7,600	7,192	91	95.83%	155,258	26,989,237	24,271,190	1,384,231	1,333,876	4.94%		

Figura 32: Vistas de consolidados macromedición

### 3.4.2 Validación

Para realizar la validación del piloto desarrollado se formularon dos tipos de encuestas basadas en *System Usability Scale* [1].

El primer tipo de encuesta se divide en dos secciones, una incluye las diez preguntas del cuestionario presentado por *System Usability Scale* (SUS), lo que nos permite puntuar la usabilidad y la facilidad de aprendizaje, y la segunda sección consta de dos preguntas que pretenden medir la percepción de mejora sobre el proceso de identificación de pérdidas no técnicas de energía eléctrica mediante el uso del prototipo de software desarrollado.

El segundo tipo de encuesta se compone de solo una sección de seis preguntas que pretenden medir netamente la percepción que tuvo la Subgerencia de transmisión y distribución en la mejora al proceso.

La encuesta tipo 1 fue aplicada a 5 usuarios de diferentes roles dentro del equipo *Gestión Control Pérdidas de la Empresa de Energía del Quindío S.A. E.S.P.* estos usuarios están estrechamente relacionados con la identificación de pérdidas no técnicas de energía eléctrica.

La encuesta tipo 2 fue aplicada al líder del equipo *Gestión Control Pérdidas* y al jefe del *Área de Transmisión y Distribución*.

### 3.4.3 Evaluación

De la aplicación de la encuesta se obtienen resultados donde existen cinco opciones de respuesta y su calificación dependerá de los puntajes de las preguntas pares y preguntas impares con el fin de tener una mayor objetividad en la respuesta:

1. Totalmente en desacuerdo
2. En desacuerdo
3. Ni en desacuerdo ni de acuerdo
4. De acuerdo
5. Totalmente de acuerdo

Los enunciados impares tendrán un puntaje dado por la siguiente formula:

$$Puntaje = Respuesta - 1$$

Los enunciados pares tendrán un puntaje dado por la siguiente formula:

$$Puntaje = 5 - Respuesta$$

Por lo anterior para cada enunciado se tendrá un puntaje que va de 0 a 4.

Para evaluar los resultados de una sección se suma el puntaje de cada enunciado, esto lo llamaremos “total”; luego el “total” es llevado a un puntaje final, que es independiente de la cantidad de enunciados, el cual va de 0 a 100 (aplicando regla de tres simple).

### 3.4.4 Resultados de las Encuestas

- Para la sección 1 de las encuestas tipo 1, es decir las diez preguntas del cuestionario *System Usability Scale*, se obtuvo un puntaje mínimo de 77.5, máximo de 100.0 y un puntaje promedio de 92.5 (Ver *Tabla 1: Resultados encuesta tipo 1*

Tabla 1: Resultados encuesta tipo 1), lo que demuestra una aceptación bastante alta, casi total, del prototipo desarrollado en cuanto a usabilidad y facilidad de aprendizaje.

Para la sección 2 de las encuestas tipo 1, es decir las dos preguntas que miden la percepción de mejora sobre el proceso se obtuvo un puntaje mínimo de 87.5, máximo de 100.0 y un promedio de 97.5 (Ver *Tabla 1: Resultados encuesta tipo 1*). Dado este puntaje se puede afirmar que hay una muy buena percepción de la mejora que se logra mediante el uso del prototipo en el proceso de identificación de pérdidas no técnicas de energía eléctrica.

Para las encuestas tipo 2 se obtuvo un puntaje mínimo de 95.83, máximo de 100.0 y un puntaje promedio de 97.92 (Ver *Tabla 2: Resultados encuesta tipo 2*). Dado este puntaje es posible afirmar que es altamente perceptible la mejora al proceso de identificación de pérdidas no técnicas de energía eléctrica mediante el uso del prototipo. También se puede afirmar que se está totalmente de acuerdo en que el prototipo desarrollado facilita y fortalece el análisis de las pérdidas no técnicas de energía eléctrica.

Algunos comentarios tomados de la aplicación de las encuestas:

*“La visualización de información con la posibilidad de moverse a través del tiempo es un amplio diferenciador en el sector, nadie ha tenido este acercamiento”.*

*“Herramienta muy novedosa para el análisis información en ambiente gráfico que permite una mejora en la toma de decisiones”.*

- **Tabulación de las encuestas**

Tabla 1: Resultados encuesta tipo 1

Pregunta	Encuesta 1		Encuesta 2		Encuesta 3		Encuesta 4		Encuesta 5		PROMEDIO
	Respuesta	Puntaje	Respuesta	Puntaje	Respuesta	Puntaje	Respuesta	Puntaje	Respuesta	Puntaje	
Me gustaría utilizar esta herramienta frecuentemente.	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	4,00
Encontré la herramienta innecesariamente compleja.	3	2	1	4	2	3	1	4	1	4	3,40
Pienso que la herramienta es fácil de usar.	5	4	5	4	4	3	5	4	5	4	3,80
Pienso que voy a necesitar el apoyo de un técnico para poder utilizar esta herramienta.	4	1	1	4	2	3	1	4	1	4	3,20
Las diversas funciones en esta herramienta están bien integradas.	4	3	4	3	5	4	5	4	5	4	3,60
Pienso que hay muchas inconsistencias en esta herramienta.	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	4,00
Me imagino que la mayoría de la gente aprenderá a utilizar esta herramienta muy rápidamente.	5	4	5	4	4	3	5	4	5	4	3,80
Encontré la herramienta muy complicada de usar.	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	4,00
Me sentí muy seguro utilizando la herramienta.	4	3	5	4	5	4	5	4	5	4	3,80
Necesité aprender muchas cosas antes de que pudiera seguir adelante con esta herramienta.	3	2	1	4	2	3	1	4	1	4	3,40
TOTAL SUS	31		39		35		40		40		37,00
PUNTAJE SUS	77,50		97,50		87,50		100,00		100,00		92,50
Esta herramienta facilita y fortalece el análisis de las pérdidas no técnicas de energía eléctrica.	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	4,00
Esta herramienta no mejora el proceso de identificación de pérdidas no técnicas de energía eléctrica.	2	3	1	4	1	4	1	4	1	4	3,80
TOTAL MEJORA PROCESO	7		8		8		8		8		7,80
PUNTAJE MEJORA PROCESO	87,50		100,00		100,00		100,00		100,00		97,50

Tabla 2: Resultados encuesta tipo 2

Pregunta	Encuesta 6		Encuesta 7		PROMEDIO
	Respuesta	Puntaje	Respuesta	Puntaje	
Esta herramienta es útil para las empresas distribuidoras de energía eléctrica	5	4	5	4	4,00
Esta herramienta desfavorece el posicionamiento de EDEQ frente a las demás empresas distribuidoras de energía eléctrica.	1	4	1	4	4,00
Esta herramienta facilita y fortalece el análisis de las pérdidas no técnicas de energía eléctrica.	5	4	5	4	4,00
Esta herramienta entorpece el proceso de identificación de pérdidas no técnicas de energía eléctrica.	1	4	1	4	4,00
Esta herramienta aporta un diferenciador estratégico a la EDEQ frente a las demás empresas distribuidoras de energía eléctrica.	5	4	5	4	4,00
Es imperceptible la mejora que aporta el uso de esta herramienta en el análisis de las pérdidas no técnicas de energía eléctrica	2	3	1	4	3,50
TOTAL MEJORA PROCESO	23		24		23,50
PUNTAJE MEJORA PROCESO	95,83		100,00		97,92



### 3.4.5 Análisis de Resultados

- ✓ Se redujo considerablemente el tiempo del análisis de pérdidas no técnicas de energía por que al visualizar los datos en un mapa con distintos colores que caracterizan los usuarios es más fácil planear acciones grupales de reducción de pérdidas de energía en lugar de ver listados largos y tabulares de datos en hojas de cálculo.
- ✓ Se logró identificar con la ayuda del prototipo software inconsistencias de datos de los distintos orígenes, al realizar la integración permitió evidenciar y optimizar los datos para poder hacer un mejor análisis.
- ✓ Se integró la variable de temporalidad a los datos asociados a pérdidas no técnicas de energía lo que ayudo a comprender la historia y comportamientos de las demás variables asociadas a las pérdidas de energía.
- ✓ Se implementó un diseño sencillo pero efectivo de graficas tipo barras y pastel que ayuda a la interpretación de resultados para la toma gerencial de decisiones de inversión en pérdidas de energía.

- **Otros resultados**

Como consecuencia del desarrollo de la presente propuesta se obtuvieron algunos resultados indirectos como:

- ✓ Financiación de Joven Investigador por parte de Colciencias mediante la convocatoria 525 de 2012.
- ✓ Presentación ponencia en CONGRESO INTERNACIONAL DE ALTA TENSIÓN Y AISLAMIENTO ELÉCTRICO ALTAE 2013.
- ✓ Conferencia Identificación de Pérdidas de Energía en CAMPUS PARTY COLOMBIA 06 (CPCO06).
- ✓ Artículo presentado a los Premio ÁMBAR 2013 a la Investigación y Desarrollo del Sector Eléctrico Colombiano
- ✓ Artículo presentado a IEEE Revista Latinoamericana.

## IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- **Conclusiones**

1. Se implementó exitosamente el prototipo funcional en la Empresa de Energía del Quindío, el cual realizó la integración de los datos de los sistemas transaccionales con el sistema geográfico potenciando los gráficos para la toma de decisiones referidas a la detección de pérdidas no técnicas de energía.
2. Se validó que la implementación de este prototipo mejoró sustancialmente el tiempo de análisis de pérdidas no técnicas de energía con obvias repercusiones en costos operacionales del negocio.
3. Es una herramienta que permite identificar las inconsistencias de datos claves almacenados en los diferentes repositorios de información de los datos transaccionales.
4. Se demostró que los reportes gráficos y mapas temáticos apoyan efectivamente el proceso de identificación de pérdidas no técnicas de energía.

- **Recomendaciones**

Con base en los resultados de este desarrollo se recomienda a la Empresa de Energía del Quindío:

1. Migrar a ambiente de producción el prototipo funcional para la identificación de pérdidas no técnicas de energía. Incluir el sistema como parte de la arquitectura empresarial como componente software del proceso de pérdidas de energía.
2. Establecer mecanismos de actualización, ajustes, retroalimentación para el prototipo funcional lo que permitirá que evolucione y se logre posicionar como herramienta integral de proceso de pérdidas no técnicas de energía.
3. Utilizar este desarrollo para la identificación de inconsistencias de datos como control a los repositorios de información.
4. Realizar mejoras a los datos geográficos (cartografía) en cuanto a la escala y al detalle para mejorar el análisis de las variables de entorno.
5. Buscar herramientas geográficas que incorporen la variable temporal para realizar análisis de datos en el tiempo.

## V. GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Ajax:** Ajax (JavaScript Asíncrono y XML) no es una tecnología por sí misma, es un término que describe un nuevo modo de utilizar conjuntamente varias tecnologías existentes. Esto incluye: HTML o XHTML, CSS, JavaScript, DOM, XML, XSLT, y el objeto XMLHttpRequest. Cuando estas tecnologías se combinan en un modelo AJAX, es posible lograr aplicaciones web capaces de actualizarse continuamente sin tener que volver a cargar la página completa. Esto crea aplicaciones más rápidas y con mejor respuesta a las acciones del usuario.

**Autodesk® Infrastructure Map Server 2012:** Sistema de información geográfico basado en la web que ayuda a los profesionales en ingeniería y planeación a compartir y publicar mapas.

**Autodesk® Infrastructure Studio 2012:** Se utiliza para construir, a base de recursos, una presentación Web que los usuarios puedan ver y con la que puedan interactuar en red. Se consideran recursos los datos espaciales y de atributo de archivos o bases de datos, las imágenes ráster, los símbolos, los mapas y las capas.

**Blueprint:** Modelos que muestran las relaciones entre las páginas y otros componentes de contenido, y se pueden utilizar para representar la organización, la navegación, y el etiquetado del sistema [3].

**DataTables:** DataTables es un plug-in para el enriquecimiento y control de tablas HTML.

**HTML:** HTML es un lenguaje de etiquetas para la creación de páginas web.

**Highcharts:** Highcharts es una librería de gráficos escritos en JavaScript puro, que ofrece gráficos intuitivos e interactivos a su sitio web o aplicación web.

**Javascript:** JavaScript es el principal lenguaje utilizado en la red para la manipulación de la información (DOM) dentro del navegador. El DOM es la forma en que el navegador representa la información acerca de un documento en la memoria.

**JQuery:** JQuery es una librería JavaScript pequeña, rápida y rica en funciones. Hace que las cosas como recorrido y manipulación de un documento HTML, manejo de eventos, animación, y Ajax mucho más simple con una API fácil de usar que funciona a través de una multitud de navegadores. Con una combinación de versatilidad y extensibilidad, JQuery ha cambiado la forma en que millones de personas escriben JavaScript.

**JSON:** JSON (JavaScript Object Notation - Notación de Objetos de JavaScript) es un formato ligero de intercambio de datos. Leerlo y escribirlo es simple para humanos, mientras que para las máquinas es simple interpretarlo y generarlo. JSON es un formato de texto que es completamente independiente del lenguaje pero utiliza convenciones que son ampliamente conocidos por los programadores de la familia de lenguajes C, incluyendo C, C++, C#, Java, JavaScript, Perl, Python, y muchos otros.

**NetBeans IDE 7.2.1:** Entorno integrado de desarrollo libre.

**OCI8:** Es una extensión de PHP para acceder a bases de datos Oracle.

**PHP:** PHP (acrónimo de PHP: Hypertext Preprocessor) es un lenguaje de código abierto muy popular especialmente adecuado para desarrollo web y que puede ser incrustado en HTML.

**Rational Unified Process (RUP)**

**Request:** Petición enviada a un servicio o servidor.

**Response:** Respuesta de un servicio o servidor a una petición.

**Wireframe:** Modelos que representan desde un punto de vista arquitectónico una página o una plantilla, estos están entre la arquitectura de la información del sitio, su diseño visual y la información [3].

## VI. ANEXOS

1. Especificación caso de uso CU001 Clasificar transformadores por balance

[Anexos\CU001 Clasificar transformadores por balance.doc](#)

2. Especificación caso de uso CU002 Consultar información de consumos y usuarios del transformador

[Anexos\CU002 Consultar información de consumos y usuarios del transformador.doc](#)

3. Especificación caso de uso CU003 Identificar rangos de balance por transformadores

[Anexos\CU003 Identificar rangos de balance por transformadores.doc](#)

4. Especificación caso de uso CU004 Identificar rango de pérdidas por usuario en transformadores

[Anexos\CU004 Identificar rango de pérdidas por usuario en transformadores.doc](#)

5. Especificación caso de uso CU005 Visualizar pérdidas por circuito

[Anexos\CU005 Visualizar pérdidas por circuito.doc](#)

6. Especificación caso de uso CU006 Analizar pérdidas por circuito

[Anexos\CU006 Analizar pérdidas por circuito.doc](#)

7. Especificación caso de uso CU007 Analizar pérdidas por municipio

[Anexos\CU007 Analizar pérdidas por municipio.doc](#)

8. Especificación caso de uso CU008 Revisar resumen de balances por transformador

[Anexos\CU008 Revisar resumen de balances por transformador.doc](#)

9. Especificación caso de uso CU009 Clasificar clientes

[Anexos\CU009 Clasificar clientes.doc](#)

10. Manual de Usuario

[Anexos\Manual de Usuario.docx](#)

## VII. REFERENCIAS

- Granollers, T. S., & Delgado, J. J. (2005). *Diseño de sistemas interactivos centrados en el usuario*. UOB.
- Jordan, P. W., Thomas, B., Weedmeester, B. A., & McClelland, I. L. (1996). *A quick and dirty usability scale in Usability evaluation in industry*. London, UK: Taylor and Francis,.
- Morville, P., & Rosenfeld, L. B. (2007). *Information achitecture for the world wide web - designing large-scale web sites: introduces tagging and advanced findability concepts*. O'Reilly.
- Quindio, E. E. (2011). *Informe subgerencia de transmisión y distribución*. Armenia.
- Rosenfenfeld, I., & Morville, P. (2006). *Information Architecture for the World Wide Web: Designing Large-Scale Web Sites*. O'Reilly Media.
- Rumbaugh, J., Jacobson, I., & Booch, G. (2000). *El Lenguaje Unificado de Modelado*. Madrid: Addison Wesley.
- Sedagthat, B., & Hosseini, S. (2010). Maintenance crew placement for reliable distribution network: Using geographic information systems in Power and Energy Engineering. *APPEEC*, (págs. 1-6). Asia-Pacific.
- Sommerville, I. (2005). *Ingenieria de Software: Septima edición*. Madrid: Addison Wesley.